

Министерство обороны Российской Федерации  
Федеральное государственное казённое военное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков  
имени Героя Советского Союза А.К. Серова»

# **НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО**

**Сборник научных статей XII Международной  
научно-практической конференции  
«Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского»  
22–23 декабря 2021 года**

Краснодар  
2022

УДК 629.7+358.4  
ББК 39.5+68.53  
Н34

**Редакционная коллегия:**

С.В. Румянцев,  
В.И. Медведев,  
В.В. Терехов

**Н34 Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского.**  
Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» 22–23 декабря 2021 года / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – 448 с.

ISBN 978-5-91718-680-1

В сборнике представлены тексты выступлений на конференции, затрагивающие проблемы исследования авиационных систем и комплексов военного назначения, новых технологий в обучении и образовании, педагогика и психология.

Адресуется аспирантам, студентам, курсантам, а также преподавателям вузов.

ББК 39.5+68.53  
УДК 629.7+358.4

ISBN 978-5-91718-680-1

© Коллектив авторов, 2022  
© КВВАУЛ им. Героя Советского Союза  
А.К. Серова, 2022  
© Оформление ООО «Издательский  
Дом – Юг», 2022

# СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ .....AND TECHNICAL SCIENCES NATURAL

**Румянцев С.В., Панков В.П.**

Теплозащитные покрытия лопаток турбин  
авиационных газотурбинных двигателей ..... 17

**Rumyantsev S.V., Pankov V.P.**

Thermal protective coatings of turbine blades of aviation gas turbine engines

**Карпенко О.Н., Самойленко В.Н., Черепанов И.С.**

Применение численных методов моделирования  
при ремонте элементов остекления деталей авиационной техники ..... 25

**Karpenko O.N., Samoylenko V.N., Cherepanov I.S.**

Application of numerical modeling methods  
in the repair of glazing elements of aircraft parts

**Пережогин Л.А., Божко С.В., Исаев Г.Р., Савицкий Ю.А., Терехов В.В.**

Современный подход к расчету противоракетного маневра ЛА  
графоаналитическим методом ..... 29

**Perezhogin L.A., Bozhko S.V., Isaev G.R., Savitsky Yu.A., Terekhov V.V.**

A modern approach to the calculation of the anti-missile maneuver of  
an aircraft by the graphoanalytic method

**Журавский К.А., Костин П.С., Мельников В.С.**

Влияние массовых характеристик истребителя  
на потерю его высоты при перевороте ..... 42

**Zhuravsky K.A., Kostin P.S., Melnikov V.S.**

Influence of fighter's mass characteristics  
on the loss of its height during the coup

**Захаренко Г.И., Захаренко Д.Г.**

Разработка метода управления процессом наблюдения для создания условий  
радиолокационного разрешения маневрирующей групповой воздушной цели  
на основе общей методики управления процессом наблюдения  
в активной радиолокационной системе самонаведения ..... 45

**Zakharenko G.I., Zakharenko D.G.**

Development of monitoring process control method for  
creation of radar resolution conditions manoeuvring group air target based  
on common methods of monitoring process control in active radar homing system

**Самуйлов А.О., Черепанов И.С., Могир А.М.**

Перспективный акустико-эмиссионный метод диагностики  
композиционных материалов, применяемых  
в беспилотных летательных аппаратах ..... 49

**Samoilov A.O., Cherepanov I.S., Mogir A.M.**

A promising acoustic-emission diagnostic method  
for composite materials used in unmanned aerial vehicles

<b>Бабаян А.Л., Безрук М.А.</b> Компетентность курсантов военного вуза в действиях при чрезвычайных ситуациях и по оказанию первой помощи пострадавшим .....	53
<b>Babayan A.L., Bezruk M.A.</b> Competence of military university cadets in emergency situations and first aid to victims	
<b>Карпенко О.Н., Черепанов И.С., Самойленко В.Н.</b> Оценка напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя лопатки элементов конструкции авиационной техники .....	56
<b>Karpenko O.N., Cherepanov I.S., Samoylenko V.N.</b> Analysis of methods for monitoring the stress-strain state of aircraft engine blades	
<b>Божко С.В., Курбасов А.М., Терехов В.В., Харчевский Н.В.</b> Турбовинтовые двигатели: их настоящее и будущее .....	61
<b>Bozhko S.V., Kurbasov A.M., Terekhov V.V., Kharchevskiy N.V.</b> Turboprop engines: their present and future	
<b>Филатов В.К., Костин П.С.</b> Математическая модель продольного пространственного движения дальнего тяжелого самолета .....	68
<b>Filatov V.K., Kostin P.S.</b> Mathematical model of the longitudinal spatial motion of a long-range heavy aircraft	
<b>Атрощенко В.А., Савицкий Ю.А., Чабров С.Е.</b> Разработка фонда оценочных средств по учебной дисциплине в компетентностном формате федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования .....	71
<b>Atroschenko V.A., Savitsky Yu.A., Chabrov S.E.</b> Development of a fund of evaluation tools for an academic discipline in the competence format of the federal state educational standard of higher professional education	
<b>Нехорошев Д.А., Костин П.С., Мельников В.С.</b> Оценка влияния маневренных характеристик самолета на его боевую эффективность .....	76
<b>Nechoroshev D.A., Kostin P.S., Melnikov V.S.</b> Estimation of influence of maneuverable characteristics of the plane on its fighting efficiency	
<b>Божко С.В., Савченко М.М., Терехов В.В., Тимербулатов А.А.</b> Перспективы развития авиационных двигателей .....	79
<b>Bozhko S.V., Savchenko M.M., Terekhov V.V., Timerbulatov A.A.</b> Prospects for the development of aircraft engines	
<b>Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Колеванов А.Ю.</b> Причины возникновения и условия проявления загрязнений моторных масел авиадвигателей .....	83
<b>Gimbitskaya L.A., Gimbitsky V.A., Kolevanov A.U.</b> Causes and conditions of contamination of engine oils of aircraft engines	

<b>Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Малолетнев Е.А.</b> Диэлектрическая проницаемости масла и надежность масляных систем .....	87
<b>Gimbetskaya L.A., Gimbitsky V.A., Maloletnev E.A.</b> Oil permittivity and reliability of oil systems	
<b>Божко С.В., Терехов В.В., Кузьмин А.В., Мельник Д.А.</b> История применения альтернативного топлива .....	92
<b>Bozhko S.V., Terekhov V.V., Kuzmin A.V., Melnik D.A.</b> From the history of alternative fuel application	
<b>Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Думнов Е.Е.</b> Как влияет вязкость масла на надежность масляных систем авиационных двигателей .....	96
<b>Gimbetskaya L.A., Gimbitsky V.A., Dumnov E.E.</b> How does oil viscosity affect the reliability of aircraft engine oil systems	
<b>Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Осипчук Н.А.</b> К вопросу о влиянии электрической прочности масла на надежность масляных систем авиационных двигателей .....	100
<b>Gimbetskaya L.A., Gimbitsky V.A., Osipchuk N.A.</b> On the issue of the influence of the electrical strength of oil on the reliability of oil systems of aircraft engines	
<b>Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Дюдяев М.С.</b> Применяемые способы удаления загрязнений из моторных масел авиационных двигателей .....	104
<b>Gimbetskaya L.A., Gimbitsky V.A., Dyudyaev M.S.</b> Applied methods of removing impurities from engine oils of aircraft engines	
<b>Хайрулин А.П., Куликов М.В., Куликова Т.А.</b> Применение углепластиков в аэрокосмической отрасли .....	107
<b>Khayrulin A.P., Kulikov M.V., Kulikova T.A.</b> Application of carbon plastics in the aerospace industry	
<b>Дунайцев А.И., Сингаевский Н.А., Божко С.В., Савицкий Ю.А.</b> Подходы к определению местоположения беспилотных летательных аппаратов .....	111
<b>Dunaytsev A.I., Singaevsky N.A., Bozhko S.V., Savitsky Yu.A.</b> Approaches to location determination unmanned aerial vehicles	
<b>Клименко В.А.</b> Математическая оценка эффективности совместных боевых действий .....	115
<b>Klimenko V.A.</b> Mathematical assessment of the effectiveness of joint combat operation	
<b>Степанов А.П., Караваев И.Н.</b> Некоторые аспекты организации опытной эксплуатации перспективных образцов ВВТ .....	120
<b>Stepanov A.P., Karavaev I.N.</b> Some aspects of the organization of pilot operation of promising samples of VVT	
<b>Маркевич А.В., Патоков Б.Б., Горобчук А.Р., Коханый А.Ф.</b> Развитие отечественной технологии изменяемой геометрии крыла .....	124
<b>Markevich A.V., Patokov B.B., Gorobchuk A.R., Kohaniy A.F.</b> Development of domestic technology of variable wing geometry	

<b>Панков В.П., Баженов А.В., Панков Д.В.</b> Граничные условия для нормальных составляющих векторов электромагнитного поля .....	133
<b>Pankov V.P., Bazhenov A.V., Pankov D.V.</b> Boundary conditions for normal components of electromagnetic field vectors	
<b>Панков В.П., Баженов А.В., Панков Д.В.</b> Граничные условия для касательных составляющих векторов электромагнитного поля .....	139
<b>Pankov V.P., Bazhenov A.V., Pankov D.V.</b> Boundary conditions for tangent components of electromagnetic field vectors	
<b>Панков В.П., Баженов А.В., Панков Д.В., Швецов А.А.</b> Исследование электромагнитных свойств углеродных волокон и тканей с плазменным напылением .....	144
<b>Pankov V.P., Bazhenov A.V., Pankov D.V., Shvetsov A.A.</b> Investigation of electromagnetic properties of carbon fibers and plasma-coated fabrics	
<b>Панков В.П., Баженов А.В., Панков Д.В., Швецов А.А.</b> Экспериментальное исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне. Электростатическое поле .....	149
<b>Pankov V.P., Bazhenov A.V., Pankov D.V., Shvetsov A.A.</b> Experimental study of the electrical conductivity of plasma coatings on carbon fiber. Electrostatic field	
<b>Панков В.П., Баженов А.В., Панков Д.В., Швецов А.А.</b> Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне. Стационарное электрическое и магнитное поле .....	156
<b>Pankov V.P., Bazhenov A.V., Pankov D.V., Shvetsov A.A.</b> Investigation of the electrical conductivity of plasma coatings on carbon fiber. Stationary electric and magnetic field	
<b>Абакшин К.С.</b> Характеристика возможных последствий разрушений (аварий) АЭС и оценка их влияния на биологические объекты .....	164
<b>Abakshin K.S.</b> Characteristics of possible consequences of NPP accidents destruction and assessment of their impact on biologically active facilities	
<b>Даутова И.С.</b> К вопросу разработки структуры базы данных информационного портала .....	170
<b>Dautova I.S.</b> On the issue of developing the database structure of the information portal	
<b>Арефьева С.А., Арустамова И.С.</b> Влияние свойств алмазно-металлических композитов на работоспособность абразивных инструментов .....	173
<b>Arefeva S.A., Arustamova I.S.</b> Influence of properties of diamond-metal composites on the working capacity of abrasive tools	

<b>Арефьева С.А., Арустамова И.С.</b> Пайка композиционными припоями и возможности ее применения .....	177
<b>Arefeva S.A., Arustamova I.S.</b> Brazing by composite soldering alloy and possibilities of its application	
<b>Даутова И.С.</b> К вопросу использования регионального математического образовательного портала в системе дистанционного образования .....	181
<b>Dautova I.S.</b> On the issue of using the regional mathematical educational portal in the distance education system	
<b>Безнос О.С., Кирьяков Д.Р.</b> Современная криптография и алгоритмы шифрования данных .....	184
<b>Beznos O.S., Kiryakov D.R.</b> Modern cryptography and data encryption algorithms	
<b>Зарубина С.А.</b> Основные параметры экспертной системы мониторинга силовых трансформаторов .....	188
<b>Zarubina S.A.</b> Basic parameters of the expert monitoring system of power transformers	
<b>Бабаян А.Л.</b> Изменение параметра растворимости поливинилового спирта путем его химической модификации .....	192
<b>Babayan A.L.</b> Changing the solubility parameter of polyvinyl alcohol by chemical modification	
<b>Марченко И.Д., Богданов В.В., Василенко Н.В.</b> Организация процесса диагностики локальной сети .....	195
<b>Marchenko I.D., Bogdanov V.V., Vasilenko N.V.</b> Organization of the local network diagnostics process	
<b>Помогаев Д.С., Богданов В.В., Василенко Н.В.</b> Исследование нарушений маршрутизации сетевого трафика .....	198
<b>Pomogaev D.S., Bogdanov V.V., Vasilenko N.V.</b> Investigation of network traffic routing violations	
<b>Вовкотруб В.В.</b> Синтез структур механизмов второго подсемейства первого семейства .....	203
<b>Vovkotrub V.V.</b> Synthesis of structures of mechanisms of the second subfamily of the first family	
<b>Вовкотруб В.В.</b> Синтез структур механизмов третьего подсемейства первого семейства .....	209
<b>Vovkotrub V.V.</b> Synthesis of structures of mechanisms of the third subfamily of the first family	
<b>Вовкотруб В.В.</b> Синтез структур механизмов пятого подсемейства первого семейства .....	214
<b>Vovkotrub V.V.</b> Synthesis of structures of mechanisms of the fifth subfamily of the first family	

<b>Головнина Н.В., Черный Р.Р.</b> Использование теории массового обслуживания в военно-прикладных задачах .....	219
<b>Golovnina N.V., Chernyy R.R.</b> Using queuing theory in military-applied tasks	
<b>Наумова Н.А., Голубев Д.И., Кравченко В.С.</b> Мезоскопическое моделирование плотного пешеходного потока .....	223
<b>Naumova N.A., Golubev D.I., Kravchenko V.S.</b> Mesoscopic modeling of dense pedestrian flow	
<b>Данович Л.М., Красина Е.В., Красина И.Б.</b> Имитационное моделирование процесса разработки многокомпонентных энергетических батончиков .....	227
<b>Danovich L.M., Krasina E.V., Krasina I.B.</b> Imitation modeling of the development of multicomponent energy bars	
<b>Данович Л.М., Красина И.Б., Хашпакянц Б.О., Сторчеус К.Н.</b> Использование кофейного шлама в качестве пищевого ингредиента .....	230
<b>Danovich L.M., Krasina I.B., Khashpakyants B.O., Storcheus K.N.</b> Use of coffee sludge as a food ingredient	
<b>Коренева О.В., Попова Е.С.</b> Моделирование технологических процессов строительного производства .....	233
<b>Koreneva O.V., Popova E.S.</b> Modeling of technological processes of construction production	
<b>Пригодина А.Г., Матвеева О.А.</b> Герменевтический прием «компьютерный конспект» .....	237
<b>Prigodina A.G., Matveeva O.A.</b> Hermeneutic reception «computer consection»	
<b>Булатникова И.Н., Гершунин С.А.</b> Аддитивные и мультипликативные разностно-итерационные алгоритмы .....	240
<b>Bulatnikova I.N., Gershunin S.A.</b> Additive and multiplicative difference-iterative algorithms	
<b>Куликова Т.А., Чабров С.Е.</b> Погрешности при центрировании инфракрасных оптических систем .....	243
<b>Kulikova T.A., Chabrov S.E.</b> Errors in centering infrared optical systems	
<b>Куликова Т.А., Чабров С.Е.</b> Перспективы и тенденции развития метрологического обеспечения в России .....	247
<b>Kulikova T.A., Chabrov S.E.</b> Development trends metrological support in Russia	
<b>Лубенцова Е.В., Лубенцов В.Ф.</b> Принципы развития и создания АСУ сложными процессами современных биотехнологических платформ .....	251
<b>Lubentsova E.V., Lubentsov V.F.</b> Principles of development and creation of automated control systems by complex processes of modern biotechnological platforms	



- Лубенцова Е.В., Савельев В.Р.**  
Исследование системы управления  
абсорбционным отделением серно-кислотного производства ..... 255
- Lubentsova E.V., Saveliev V.R.**  
Investigation of the control system of  
the absorption department sulfuric acid production
- Медведев Ю.С., Терехов В.В.**  
Особенности построения распределенной корпоративной сети предприятия  
для обеспечения информационными и вычислительными ресурсами ..... 258
- Medvedev Yu.S., Terekhov V.V.**  
Features of building a distributed enterprise corporate network  
to provide information and computing resources
- Руденко И.А., Ниров А.Д., Шевцов Ю.Д.**  
Метод контроля качества моторного масла  
по его цвету для коммерческих автомобилей ..... 261
- Rudenko I.A., Nirov A.D., Shevtsov Yu.D.**  
Method of quality control of engine oil by its color for commercial vehicles
- Журавлев М.М., Шевцов Ю.Д., Ниров А.Д.**  
Диагностика электронных блоков управления двигателями внутреннего сгорания ... 266
- Zhuravlev M.M., Shevtsov Yu.D., Nirov A.D.**  
Diagnostics of electronic control units for internal combustion engines
- Романенко Т.М., Терехов В.В.**  
Исторические предпосылки развития методов кибернетики,  
автоматизации и интеллектуального управления в России ..... 270
- Romanenko T.M., Terekhov V.V.**  
Historical prerequisites for the development of cybernetics,  
automation and intelligent control methods in Russia
- Савицкий Ю.А., Терехов В.В., Нефедовский В.А.**  
Методология разработки экспертных систем ..... 274
- Savitsky Yu.A., Terekhov V.V., Nefedovsky V.A.**  
Methodology of expert systems development
- Савицкий Ю.А., Терехов В.В., Нефедовский В.А.**  
Основы построения интеллектуальных диагностических систем ..... 278
- Savitsky Yu.A., Terekhov V.V., Nefedovsky V.A.**  
Building intelligent diagnostic systems
- Духова А., Степанов В.В., Степанова М.В.**  
Оценка рекреационного потенциала Апшеронского и Темрюкского районов  
Краснодарского края на основе составленной базы данных  
геоинформационных систем ..... 283
- Dukhova A., Stepanov V.V., Stepanova M.V.**  
Estimation of recreation potential of Apsheronsky and Temryuksky districts of  
Krasnodar krai based on a compiled database of geoinformation systems
- Чумак П.В., Чумак И.А., Терехов В.В.**  
Особенности использования микроконтроллеров в технологических объектах ..... 287
- Chumak P.V., Chumak I.A., Terekhov V.V.**  
Features of the use of microcontrollers in technological facilities

<b>Лубенцова Е.В., Шахрай Е.А., Лубенцов В.Ф., Лужевский Н.О.</b> Методы расчета параметров цифровых ПИД-алгоритмов управления с использованием моделей объектов .....	291
<b>Lubentsova E.V., Shakhray E.A., Lubentsov V.F., Luzhevsky N.O.</b> Methods for calculating parameters of digital pid-control algorithms using object models	
<b>Лубенцова Е.В., Шахрай Е.А., Лужевский Н.О.</b> Модифицированные цифровые алгоритмы управления на базе типовых ПИД-законов регулирования .....	296
<b>Lubentsova E.V., Shakhray E.A., Luzhevsky N.O.</b> Modified digital control algorithms based on typical PID-control laws	
<b>Шахрай Е.А., Лубенцов В.Ф., Демидов В.А.</b> Обоснование метода обработки экспертных оценок в задачах сравнительного анализа и выбора альтернатив .....	303
<b>Shakhray E.A., Lubentsov V.F., Demidov V.A.</b> Justification of the method of processing expert evaluations in the tasks of comparative analysis and choice of alternatives	
<b>Терещенко И.В.</b> О двух формулах произведения синусов .....	306
<b>Tereshchenko I.V.</b> About two product formulas for sines	
<b>Чубырь Н.О., Коваленко А.В., Шарпан М.В.</b> Условие нарушения равновесия реакции диссоциации / рекомбинации молекул воды в мембранных системах .....	309
<b>Chubyr N.O., Kovalenko A.V., Sharpan M.V.</b> The condition of disequilibrium of the dissociation / recombination reaction of water molecules in membrane systems	
<b>Терехов Я.Д., Абрамов В.В.</b> Обзор методов построения информационных моделей объектов мониторинга .....	313
<b>Terekhov Ya.D., Abramov V.V.</b> Overview of methods for building information models of monitoring objects	

**ГУМАНИТАРНЫЕ  
И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
НАУКИ.....**

**HUMANITIES  
AND SOCIO-ECONOMIC  
SCIENCES**

<b>Медведев В.И.</b> Опыт применения авиации в интересах подвижных войск в наступательной операции .....	319
<b>Medvedev V.I.</b> Experience in the use of aviation in the interests of mobile troops in an offensive operation	

<b>Стрелецкий Я.И.</b> Методология и методика формирования патриотизма в военном вузе в курсе философии: аксиологическая проблематика .....	324
<b>Streleckiy Ya.I.</b> Methodology and methods for development of patriotism in the course of philosophy of military universities	
<b>Дорохов Д.В., Нагучев Д.М.</b> Анализ тактики применения авиационных средств поражения бомбардировочной авиации советских ВВС по аэродромам противника в годы Великой Отечественной войны .....	329
<b>Dorohov D.V., Nagutchev D.M.</b> Analysis of the tactics of the use of aircraft means to destroy the bombing aviation of the soviet Air Force at the aerodromes of the enemy in the years of the Great Patriotic war	
<b>Демченко Р.О., Богданов В.В., Василенко Н.В.</b> Выявление сетевых атак .....	333
<b>Demchenko R.O., Bogdanov V.V., Vasilenko N.V.</b> Detection of network attacks	
<b>Кашин В.А.</b> Психология восприятия учебной лекции по социально-экономическим дисциплинам .....	337
<b>Kashin V.A.</b> Psychology of perception of an educational lectur on socio-economic disciplines	
<b>Корсунов С.В., Баринов С.В., Попов С.А.</b> Усовершенствование системы тактической подготовки выпускников летного училища в соответствии с требованиями современного высокотехнологичного дальнего и ближнего маневренного воздушных боев .....	341
<b>Korsunov S.V., Barinov S.V., Popov S.A.</b> Improvement of the system of graduates tactical training in flight school in accordance with the requirements of modern techological long-range and short-range maneuverable air battles	
<b>Энсис Е.И., Колесников В.П., Терехов В.В.</b> Интуиция как основа для раскрытия творческой активности курсанта .....	348
<b>Ensis E.I., Kolesnikov V.P., Terekhov V.V.</b> Intuition as a basis for the revealing the creative activity of a cadet	
<b>Паленый А.В., Паленая А.В., Короткевич А.А.</b> Теоретическое обоснование подбора методов обучения иностранных курсантов на основе ментально-личностного подхода .....	355
<b>Paleniy A.B., Palenaiy A.B., Korotkevich A.A.</b> Teoretical substantation of the teaching methods selection for foreign cadets on the basis of a mental and personal approach	
<b>Медведев В.И.</b> Формирование и развитие Воздушного флота России в период Первой мировой войны .....	360
<b>Medvedev V.I.</b> Formation and development of the Russian air force during the First world war	

<b>Смередчук Т.Я.</b> Изучение видов глагола на занятиях по русскому языку как иностранному .....	368
<b>Smeredchuk T.Y.</b> Studying the aspect of the verb in the classroom in russian as a foreign language	
<b>Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В.</b> Исследование причин низкой познавательной способности курсантов .....	371
<b>Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V.</b> Investigation of the causes of low cognitive ability of cadets	
<b>Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В., Соколовский В.С.</b> Экспериментальное исследование посредством тестирования способности курсантов к стратегическому мышлению .....	377
<b>Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V., Sokolovsky V.S.</b> Experimental research by testing the ability of cadets to strategic thinking	
<b>Очкин А.Н., Каплин Е.Н.</b> Основные аспекты обучения авиационных специалистов полка «Нормандия» в годы Великой Отечественной войны .....	382
<b>Ochkin A.N., Kaplin E.N.</b> Training of aviation specialists of the Normandy regiment during the Great Patriotic war	
<b>Бочкарева А.С., Терехов В.В.</b> Подходы к проведению занятий в вузе в условиях пандемии Covid-19 .....	387
<b>Bochkareva A.S., Terekhov V.V.</b> Approaches to conducting classes at the university in the context of the pandemic of the Covid-19	
<b>Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А.</b> Место механики в образовательной программе военного летчика-инженера .....	390
<b>Gimbitskaya L.A., Gimbitsky V.A.</b> The place of mechanics in educational the program of a military pilot-engineer	
<b>Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В.</b> Методика повышения объёма памяти и качества восприятия учебного материала в процессе образования курсантов .....	395
<b>Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V.</b> Methods of increasing the amount of memory and the quality of perception of educational matireal in the process of cadets' education	
<b>Медведева В.В., Жучкова В.В.</b> К вопросу о рисках ипотечного кредитования в России .....	401
<b>Medvedeva V.V., Zhuchkova V.V.</b> On the issue of mortgage lending risks in Russia	
<b>Молчанов В.В., Новицкая М.Г., Тимербулатов А.А.</b> Вертолет Ми-4. Воин и труженик .....	405
<b>Molchanov V.V., Novitskaya M.G., Timerbulatov A.A.</b> MI-4 helicopter. Warrior and worker	
<b>Молчанов В.В., Новицкая М.Г., Тимербулатов А.А.</b> «Первый флагман аэрофлота» .....	410
<b>Molchanov V.V., Novitskaya M.G., Timerbulatov A.A.</b> «The first aeroflot-flagman»	

<b>Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В.</b> Астрофизическое влияние времени на сознание .....	415
<b>Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V.</b> Astrophysical influence of time on consciousness	
<b>Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В., Соколовский В.С.</b> Культура времени и эффективность времени .....	420
<b>Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V., Sokolovsky V.S.</b> Time culture and time efficiency	
<b>Романенко Т.М., Исаев Г.Р.</b> К вопросу об общепедагогическом и воспитательном аспектах оценивания в высшем образовании .....	425
<b>Romanenko T.M., Isaev G.R.</b> On the issue of general pedagogical and educational aspects of assessment in higher education	
<b>Масленников А.Г., Пережогин Л.А., Черный Р.Р.</b> Исторические предпосылки формирования морально-психологического обеспечения ВС РФ .....	429
<b>Maslenikov A.G., Perezhogin L.A., Chernyy R.R.</b> Historical prerequisites for the formation of moral and psychological support of the Armed Forces of the Russian Federation	
<b>Чумак П.В., Чумак И.А., Васькова Н.И.</b> Подходы к управлению учебной деятельностью студента университета .....	436
<b>Chumak P.V., Chumak I.A., Vaskova N.I.</b> Approaches to the management of educational activities university student	
<b>Сирик С.Н., Евтушенко Ю.Л., Петков В.А.</b> Формирование педагогического мастерства преподавателей военного вуза .....	439
<b>Sirik S.N., Yevtushenko Y.L., Petkov V.A.</b> Formation of pedagogical skills teachers of a military university	
<b>Степанов А.П., Шлык Ю.Ф.</b> Основные направления совершенствования воспитания при подготовке будущих офицеров .....	443
<b>Stepanov A.P., Shlyk Yu.F.</b> The main directions of improving education in the training of future officers	



**ЕСТЕСТВЕННЫЕ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ  
НАУКИ**

---

**NATURAL  
AND TECHNICAL  
SCIENCES**





УДК 621.794

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН  
АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ



THERMAL PROTECTIVE COATINGS OF TURBINE BLADES OF  
AVIATION GAS TURBINE ENGINES

**Румянцев С.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Панков В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Проведены исследования многослойного теплозащитного покрытия лопаток турбин авиационных ГТД и обоснованы требования к составу, структуре, долговечности его составляющих – сплаву, термобарьерному слою, связующему покрытию, термически выросшему оксиду, керамическому поверхностному покрытию.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, жаропрочный сплав, лопатка турбины, покрытие, термобарьерный слой, связующее покрытие, долговечность.

**Rumyantsev S.V.**

Krasnodar Higher Military  
Aviation School of Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Pankov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** Studies of the multilayer heat-protective coating of turbine blades of aviation gas turbine engines have been carried out and the requirements for the composition, structure, durability of its components – alloy, thermal barrier layer, binder coating, thermally grown oxide, ceramic surface coating – have been substantiated.

**Keywords:** gas turbine engine, heat-resistant alloy, turbine blade, coating, thermal barrier layer, binder coating, durability.

Для изготовления деталей газовых турбин, работающих в условиях воздействия газового потока (рис. 1), широкое применение нашли жаропрочные сплавы на основе никеля. Чем выше температура эксплуатации таких сплавов, тем в большей мере недостаточная жаростойкость ограничивает срок их службы [1, 2, 3]. Для обеспечения сопротивляемости окислению на жаропрочные сплавы наносят жаростойкие покрытия.

Покрытие наружной поверхности лопатки турбины – СДП2-ВСДП16; структура  $\beta + \gamma$  твердый раствор на основе никеля, отличается хорошей культурой производства, технологичностью. Однако покрытия, полученные плазменным методом и методом катодного распыления, отличаются высокой пористостью, значительными внутренними напряжениями, невысокой жаростойкостью и долговечностью [4, 5, 6, 7, 8].

Внутренняя поверхность лопатки – хромоалитированный слой – фаза NiAl, обедненная алюминием, в которой распределены частицы  $\gamma'$  – Ni<sub>3</sub>Al,  $\sigma$ Cr и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – во внутренней зоне, частицы TiC, VC, M<sub>6</sub>C, M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> на границе между зонами и во внутренней зоне [9].

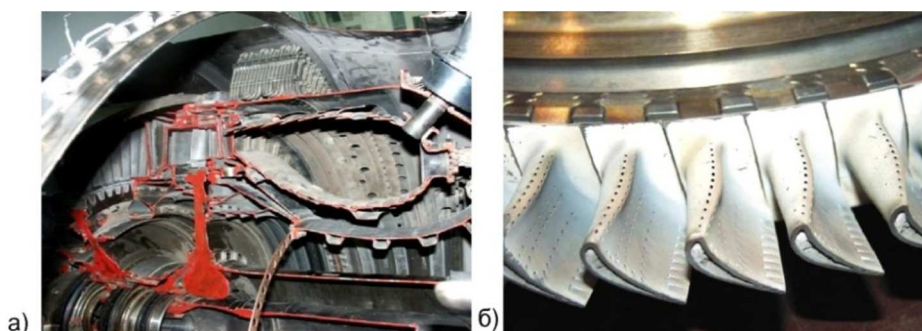


Рисунок 1 – Разрез газотурбинного двигателя (а), лопатки турбины (б)

В процессе эксплуатации ГТД происходит исчерпание защитных свойств и накопление различных дефектов как в жаростойких покрытиях, и так и сплавах лопаток турбин. Основной вклад в исчерпание защитных свойств жаростойких покрытий вносит уменьшение количества алюминия в покрытии в результате окисления, скола оксидной пленки  $Al_2O_3$ , диффузии никеля из подложки в покрытие и диффузии алюминия из покрытия в подложку. За счет обеднения слоя алюминия возможно возникновение термоусталостных трещин и интенсивное окисление матрицы (рис. 2).

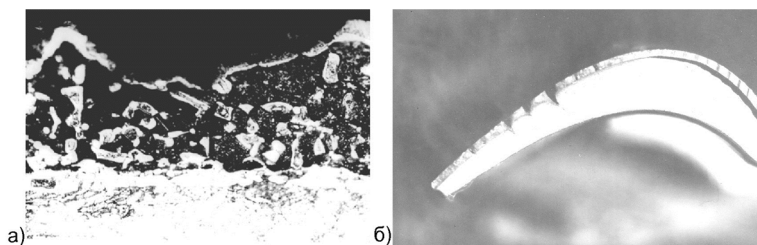


Рисунок 2 – Окисление покрытий (а), термоусталостные трещины лопаток турбин (б)

При эксплуатации в материале лопаток под воздействием высокой температуры и напряжений накапливаются структурные изменения, которые снижают его жаропрочность [9]:

- частицы  $\gamma'$ -фазы в процессе эксплуатации укрупняются и вытягиваются в направлении, перпендикулярном действиям напряжений (рис. 3, а);
- исходная  $\gamma'$ -фаза расслаивается на две фракции, по разному обогащенные  $\gamma'$ -образующими элементами (Ti, Nb, Al, V), что приводит к химической неоднородности сплава и последующему повышению температуры полного растворения его  $\gamma'$ -фазы (рис. 3, б);
- в твердом растворе и на поверхности раздела  $\gamma / \gamma'$ -фаз заметно повышается плотность дислокаций. По границам зерен образуется каркас из карбидных частиц, окруженных практически сплошным слоем  $\gamma'$ -фазы. В подповерхностных зонах и междендритных областях развивается субмикроскопическая пористость (рис. 3, в).
- в результате карбидных реакций изменяется морфология карбидной фазы. Происходит дополнительное выделение карбидов по границе зерен (рис. 4, а, б) [10, 11].

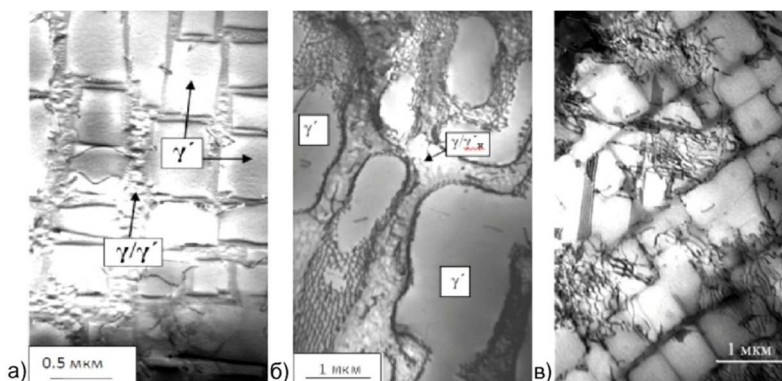


Рисунок 3 – Структурные изменения в материале лопаток в процессе эксплуатации

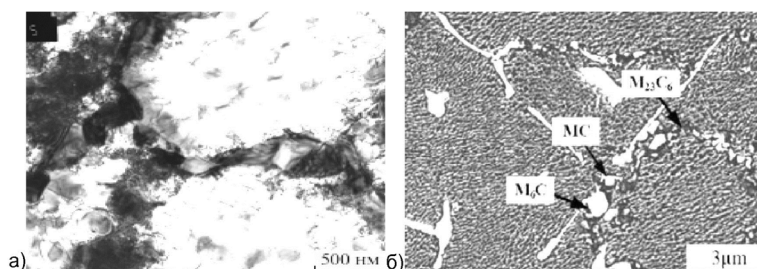


Рисунок 4 – Светлопольное изображение (а) и характеристика карбидов на границе зерна (б)

Термоусталостные трещины из покрытия легко переходят в сплав лопатки и разрушают ее.

Важнейшее значение в обеспечении необходимой долговечности лопаток турбин авиационных ГТД принадлежит сохранению, как высокой жаропрочности материала лопаток, так и высокой жаростойкости применяемых покрытий с минимальным отрицательным воздействием их на материал основы и механические свойства жаропрочного сплава.

Применение теплозащитных покрытий (ТЗП) позволяет существенно понизить термические напряжения на охлаждаемых лопатках, увеличить их долговечность, повысить температуру газа перед турбиной.

Разработанное ТЗП, нанесенное на лопатку турбины ГТД состоит из слоев, каждый из которых имеет заметно отличающиеся физические, тепловые, и механические свойства, создавая, по существу, комплексную структуру покрытия (рис. 5).

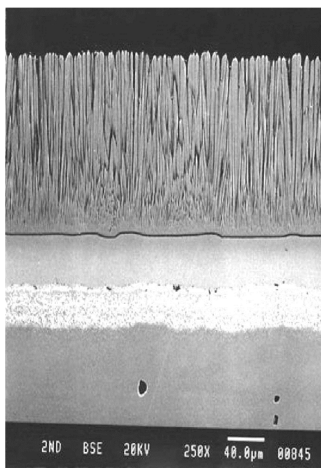


Рисунок 5 – Теплозащитное покрытие лопаток турбин ГТД

Пять слоев в современной системе ТЗП созданы из различных материалов со специфическими свойствами и функциями:

- основной сплав (непосредственно материал лопатки);
- термобарьерный слой;
- связующее покрытие;
- термически выращенный оксид (ТГО);
- керамическое поверхностное покрытие.

Основной сплав – ЖС32ВСНК – жаропрочный никелевый рений содержащий сплав с интерметаллидно-карбидным упрочнением. Материал лопатки охлаждается воздухом изнутри или через внутренние полые каналы, таким образом, устанавливая температурный градиент поперек стенки изделия. Изделие из сплава в монокристаллических или поликристаллических формах содержит до 20 дополнительных элементов, которые добавляются для повышения различных свойств, таких как жаростойкость, пластичность, стойкость против окисления, стойкость к горячей коррозии, а также для улучшения литейных свойств. Вследствие неравновесных условий направленной кристаллизации, приводящей к сегрегации легирующих элементов в пределах дендритных ячеек, монокристаллические отливки из сплава ЖС32 характеризуются значительной химической и структурной неоднородностью [12]. В монокристаллических отливках из сплава ЖС32 размер и форма упрочняющих частиц  $\gamma'$ -фазы значительно различаются в дендритах и междендритных областях; в последних – частицы  $\gamma'$ -фазы значительно крупнее, чем в осях дендритов. В междендритных участках монокристалла залегают выделения неравновесной эвтектики  $\gamma'+\gamma$  (или перитектической  $\gamma'$ -фазы) в количестве до 5 % (объемн.). Применение высокотемпературной гомогенизирующей термической обработки позволяет в значительной степени устранить дендритную сегрегацию легирующих элементов и сформировать равномерную периодичную микроструктуру материала турбинных лопаток, обеспечивающую их длительную работоспособность (рис. 6).

Однако устранить полностью сегрегацию одного из основных легирующих элементов – рения не удастся из-за его низкой диффузионной подвижности [12]. В состав карбидов входит в основном ниобий, тантал и хром с небольшими добавками вольфрама, молибдена и рения.

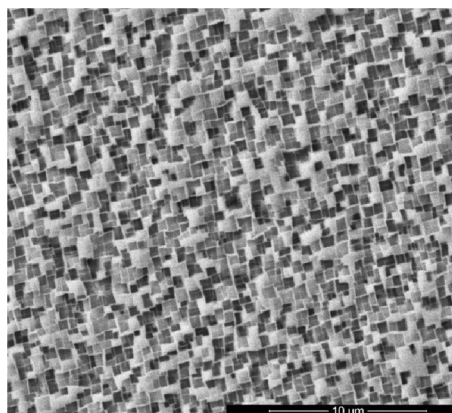


Рисунок 6 – Вид  $\gamma'$ -фазы сплава ЖС 32 ВСНК после термической обработки ( $\times 10000$ )

При этом соотношение легирующих элементов в карбидных частицах изменяется в зависимости от их морфологии и размера.

Термобарьерный слой состава NiAlCrWTaYSiHf для снижения диффузионного обмена между покрытием и сплавом в комбинированном покрытии толщиной 20–30 мкм.

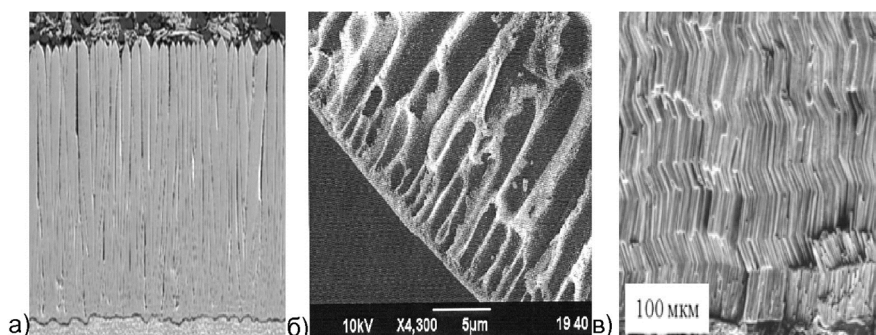
Связующее покрытие – устойчивый против окисления металлический слой, NiCrAlY толщиной 75–80 мкм, он, по существу, диктует адгезию ТЗП. Покрытие получено путем хромоалитирования в вакууме и после термообработки имеет структуру –  $\beta + \gamma'$ -фаза [9, 10, 11].

При пиковых эксплуатационных условиях температура связующего покрытия в газотурбинных двигателях обычно превышает 700 °С, приводя к окислению связующего покрытия и неизбежному формированию третьего слоя – термически выращенного оксида (ТГО; толщина 5–15 мкм) между связующим покрытием и керамическим поверхностным покрытием. Сквозная пористость, которая всегда существует в поверхностном керамическом покрытии, позволяет легкое проникновение кислорода из эксплуатационной среды к связующему покрытию. Кроме того, даже если поверхностное покрытие было полностью плотным, чрезвычайно высокая диффузионная способность кислорода в керамическом поверхностном покрытии на базе  $ZrO_2$  делает его «кислородопрозрачным» (рис. 7, а, б). Хотя формирование ТГО неизбежно, идеальное покрытие связи проектируется, чтобы гарантировать, что ТГО формируется как  $\alpha-Al_2O_3$  и что его рост является медленным, однородным, и бездефектным. Такой ТГО имеет очень низкую ионную диффузионную способность для кислорода и создает превосходный диффузионный барьер, замедляя дальнейшее окисление связующего покрытия.

Для повышения жаростойкости покрытий лопаток турбин повышают запас алюминия в покрытиях, напыляют слои с высоким содержанием алюминия (BCДП16), однослойную или многослойную керамику на основе  $ZrO_2 - 8Y_2O_3$  с подпылением  $Al_2O_3$ , Si, Al для снижения ее пористости, обусловленную столбчатым строением (патент РФ № 2349679, 2402639, 2469129, 2272089). Интересными представляется исследования зигзагообразного керамического покрытия (YSZ), получаемый методом EB-DVD, разрабатываемое ВИАМ (рис. 7, в).

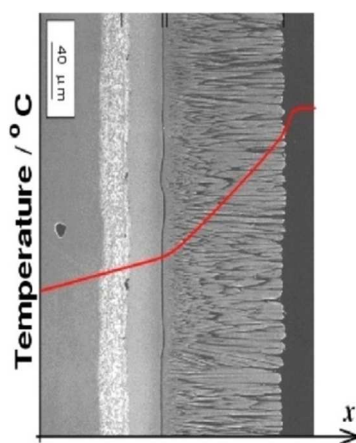
Керамическое поверхностное покрытие – это слой, обеспечивающий теплоизоляцию, состоит из  $ZrO_2$ , стабилизированного  $Y_2O_3$ .  $ZrO_2-Y_2O_3$  (YSZ) обладает комплексом свойств, которые делают этот материал наилучшим выбором для поверхностного покрытия.

Диоксид циркония, благодаря меньшему модулю Юнга и большему температурному коэффициенту линейного расширения (ТКЛР), более совместим с жаропрочными сплавами.



**Рисунок 7** – Теплозащитное покрытие лопаток турбин ГТД:  
 а) микроструктура керамического слоя покрытия;  
 б) столбчатое строение керамического слоя по сечению покрытия;  
 в) зигзагообразное керамическое покрытие (YSZ), получаемый методом EB-DVD

Он имеет один из самых низких из всех керамик коэффициентов теплопроводности при повышенной температуре из-за высокой концентрации точечных дефектов (вакансии кислорода и замещенные атомы растворенного вещества) (рис. 8).



**Рисунок 8** – Микроструктура комплексного защитного покрытия, включающего жаростойкое покрытие и ТЗП со столбчатой структурой ( $\times 250$ )

YSZ имеет относительно низкую плотность ( $6,4 \text{ г/см}^3$ ), что является важным при рассмотрении паразитного веса во вращающихся изделиях; твердость 14 ГПа, что позволяет сопротивляться воздействию инородных предметов и эрозии; хорошую стойкость к атмосферной и высокотемпературной коррозии. Наконец, YSZ имеет температуру плавления ( $2700 \text{ }^\circ\text{C}$ ), что позволяет применять его при высокой температуре. Хотя  $\text{ZrO}_2$  может быть стабилизирован различными оксидами ( $\text{MgO}$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ),  $\text{ZrO}_2$  стабилизированный  $\text{Y}_2\text{O}_3$  (YSZ) максимально соответствует свойствам ТЗП.

YSZ может находиться в трех различных полиморфных модификациях – моноклинной, тетрагональной или кубической, в зависимости от композиции и температуры. Добавление 7–8 % по массе  $\text{Y}_2\text{O}_3$  стабилизирует t'-фазу – самую желательную фазу для применения в ТЗП. Это – вариация тетрагональной фазы, но, в отличие от нее, более стабильна, так как не подвергается мартенситному превращению (табл. 1).

Максимальная долговечность ТЗП совпадает с максимальным содержанием тетрагональной фазы в структуре покрытия, содержащей небольшие количества моноклинной фазы. Небольшой долговечностью характеризуются покрытия, имеющие кубическую структуру.

Стремление улучшить теплозащиту за счет наращивания толщины покрытия бесперспективно, т.к. при этом будет возрастать изгибающий момент от действия центробежных сил и происходить ускоренное выкрашивание покрытия. Уменьшение толщины ТЗП менее 120 мкм нецелесообразно (рис. 9) [13].

Для определения служебных свойств ТЗП проводят их испытания как лабораторные, так и эксплуатационные.

Таблица 1 – Фазовый состав (% моль) ТЗП в зависимости от содержания  $Y_2O_3$

$Y_2O_3$ (% по массе)	Фазы	Содержание фазы после напыления
4,3	Моноклинная	22
	Кубическая	4
	Тетрагональная	74
6,1	Моноклинная	16
	Кубическая	6
	Тетрагональная	78
8,9	Моноклинная	8
	Кубическая	13
	Тетрагональная	79
19,6	Моноклинная	3
	Кубическая	70
	Тетрагональная	27

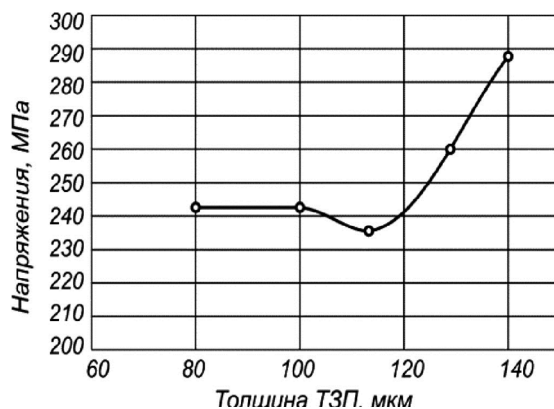


Рисунок 9 – Зависимость максимальных изгибных напряжений в ТЗП лопаток турбин от толщины покрытия

Долговечность при испытаниях ТЗП ( $NiCrAlY-ZrO_2-Y_2O_3$ ,  $h_n - 130$  мкм) зависит от максимальной температуры цикла (рис. 10). Критерием разрушения ТЗП считали появление на покрытии трещины, видимой при 10-кратном увеличении (рис. 11).

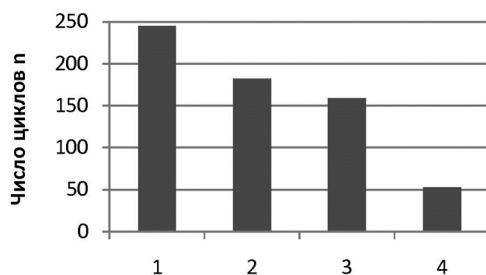


Рисунок 10 – Зависимость долговечности ТЗП от температуры цикла: 1 – 1410 °C; 2 – 1440 °C; 3 – 1480 °C; 4 – 1540 °C

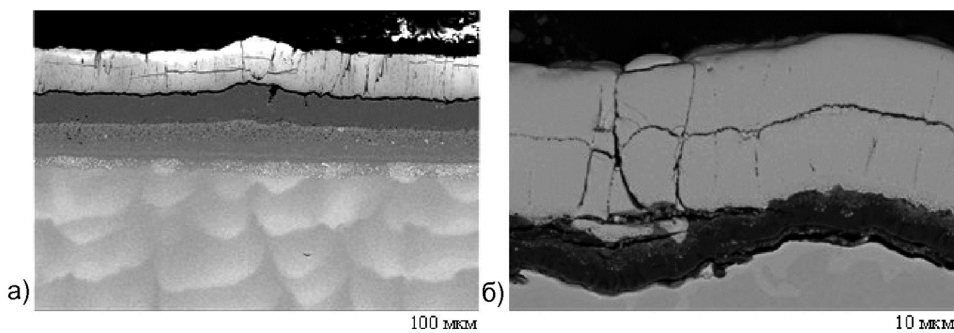


Рисунок 11 – Микроструктуры покрытия ( $NiCrAlY-ZrO_2Y_2O_3$ ,  $h_n - 130$  мкм) до (а) и после испытаний (б), ( $T_u - 1410$  °C)

Полагаем, что окисление связующего покрытия определяет долговечность ТЗП.

Как уже отмечалось, разрушение ТЗП начинается с расслоения керамического слоя. Трещина возникает вблизи поверхности связующего покрытия и вначале распространяется параллельно ей (рис. 11). Окисление связующего покрытия играет определяющую роль в ослаблении ТЗП. Этот вывод подтверждается тем, что при 1250 °С после выдержки более 5 ч в воздушной атмосфере покрытие при охлаждении разрушается, а после выдержки в течение 20 ч и более в атмосфере аргона покрытие сохраняет высокую сопротивляемость разрушению.

Исследования позволили установить, что при 1200 °С и выше из связующего покрытия хром диффундирует в подложку, а иттрий – в направлении керамического слоя. Молибден, кобальт и титан из подложки диффундирует в связующее покрытие. С увеличением продолжительности выдержки при 1200 °С в связующем покрытии уменьшаются концентрации хрома и алюминия, уменьшается и количество β-фазы, что ведет и к ухудшению жаростойкости, и к понижению пластичности связующего покрытия при высоких (выше 800 °С) температурах. Следует заметить, что уменьшение концентрации алюминия и хрома на границе с керамическим покрытием из-за процесса окисления более значительное, чем уменьшение на границе связующего покрытия с подложкой, где идет диффузионный обмен.

Это свидетельствует о том, что окисление в процессе изменения состава связующего покрытия играет решающую роль и подчеркивает эффективность барьерного слоя NiAlCrW-TaYSiHf.

Проведенные исследования позволили разработать долговечное теплозащитное покрытие на сплаве ЖС32ВСНК с барьерным слоем NiAlCrW-TaYSiHf толщиной 20–30 мкм, связующим покрытием – хромоалитированный слой толщиной 75–80 мкм структурой – β + γ'-фаза и керамическим поверхностным слоем ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> толщиной 150 мкм, обеспечивающий высокую теплоизоляцию лопаток турбин и их долговечность в целом.

#### Список литературы:

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Технологические процессы производства и ремонта летательных аппаратов и авиационных двигателей: Учебное пособие / В.П. Панков [и др.] ; Краснодарское ВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар, 2020. – 328 с.
2. Медведев В.И., Панков В.П. Инновационный потенциал вуза // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 45–51.
3. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Техническое регулирование. История. Развитие. Закон: монография / В.И.Медведев [и др.] ; Краснодарское ВВАУЛ им. А.К.Серова. – Краснодар, 2020. – 550 с.
4. Панков В.П. Исследование характеристик износостойкости покрытий и наплавленных материалов для восстановления изделий из чугуна // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 9 (153). – С. 387–392.
5. Панков В.П., Шаталов А.И., Жидков В.Е. Плазменные комбинированные покрытия поршневых колец – инструмент повышения ресурса автотракторных ДВС // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 32–36.
6. Исследование материалов для обработки чугуна и износостойких покрытий / В.П. Панков [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 3 (33). – С. 59–63.
7. Исследование режимов обработки вальцов мукомольных мельниц с нанесенным покрытием / В.П. Панков [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 2 (32). – С. 58–62.
8. Исследование износостойкости авиационных алюминиевых и магниевых сплавов после микродугового оксидирования / В.П. Панков [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 174–181.
9. Исследование закономерностей формирования диффузионных покрытий на современных жаропрочных никелевых сплавах / В.П. Панков [и др.] // Ползуновский вестник, 2020. – № 1. – С. 124–129.
10. Панков В.П., Ковалев В.Д. Исследование диффузионных покрытий, нанесенных методов хромоалитирования в вакууме // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2020. – Т. 16. – № 2 (182). – С. 85–92.

11. Исследование закономерностей формирования диффузионных покрытий, нанесенных хромоалитированием в вакууме / В.П. Панков [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2020. – Т. 16. – № 10 (190). – С. 460–467.
12. Структурно-фазовые характеристики и механические свойства монокристаллов жаропрочных никелевых ренийсодержащих сплавов с интерметаллидно-карбидным упрочнением / Н.В. Петрушин [и др.] // Металлы. – 2016. – № 4. – С. 57–70.
13. Румянцев С.В., Панков В.П. Повышение надежности и ресурса авиационных газотурбинных двигателей – важная научная и экономическая задача ВКА.



УДК 620.179.17

**ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРИ РЕМОНТЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОСТЕКЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ  
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**



**APPLICATION OF NUMERICAL MODELING METHODS  
IN THE REPAIR OF GLAZING ELEMENTS OF  
AIRCRAFT PARTS**

**Карпенко О.Н.**

кандидат технических наук, доцент,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Самойленко В.Н.**

курсант,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Черепанов И.С.**

курсант,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Аннотация.** В статье приведены численные методы моделирования при осуществлении ремонта элементов остекления. Данная статья рекомендована специалистам, занимающимся неразрушающим контролем.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, остекление, авиационная техника, концентраторы напряжений, акустико-эмиссионный метод.

**Karpenko O.N.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

**Samoilenko V.N.**

Cadet,  
VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

**Cherepanov I.S.**

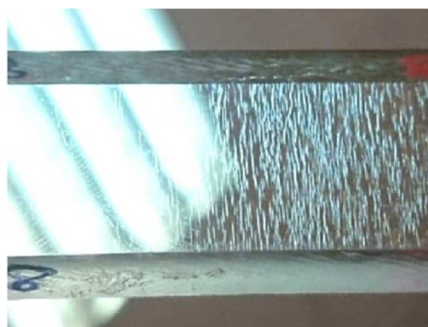
Cadet,  
VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

**Annotation.** The article presents numerical modeling methods for the repair of glazing elements. This article is recommended to specialists engaged in non-destructive testing.

**Keywords:** non-destructive testing, glazing, aviation technology, stress concentrators, acoustic emission method.

В процессе эксплуатации авиационной техники (АТ) детали остекления фонаря подвергаются различным негативным факторам. Особое влияние оказывают аэродинамические нагрузки, агрессивное воздействие ультрафиолетовых лучей, избыточное давление и знакопеременные температурно-атмосферные нагрузки. С течением времени это приводит к ухудшению прочностных характеристик деталей остекления, возможны также повреждения остекления как царапины, сколы, забоины и залегающие на различной глубине трещины, и помутнение.

Наиболее распространённым повреждением остекления является эффект «посеребления», или же поверхностное растрескивание (рис. 1).



**Рисунок 1** – Эффект «посеребления»

В настоящее время существует несколько методов обнаружения различного рода дефектов деталей остекления, рассмотрим некоторые из них.

На сегодняшний день известность приобретает неразрушающий контроль (НК) деталей остекления методом акустической эмиссии (АЭ). Данный контроль основан на обнаружении упругих волн, которые генерируются из-за внезапной деформации напряженного материала (другими словами развитие трещины в исследуемом материале служит источником АЭ).

Эти волны распространяются от источника к датчикам и преобразуются в электрические сигналы. Приборы АЭ измеряют эти сигналы и отображают данные, на основе которых специалист проводит оценку состояния и поведения исследуемой структуры деталей остекления под нагрузкой.

На рисунке 2 представлена ситуация, в которой система, соединённая упругими связями подвержена растяжению. После разрушения хотя бы одного элемента данная система переходит в неравновесное состояние, что, в свою очередь, приводит к возникновению упругих колебаний, то есть к АЭ.

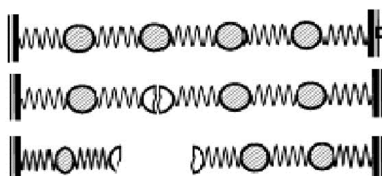


Рисунок 2 – Возникновение упругих колебаний при разрушении

Регистрация АЭ позволяет определить образование свищей, сквозных и усталостных трещин, протечек в уплотнениях, заглушках, арматуре и фланцевых соединениях.

Этот способ всё чаще упоминается в различных источниках как наиболее перспективный метод неразрушающего тестирования и оценки материала, поскольку он обладает рядом преимуществ над остальными видами дефектации.

Метод АЭ [3] позволяет обнаружить микроскопические движения, такие как рост трещины, разлом включения и утечку жидкости или газа в реальный момент времени. Так же стоит отметить, что дефектация данным методом производится в тот момент, когда объект контроля (ОК) находится в нагруженном состоянии, например, под давлением.

Целью данного НК, помимо оценки ТС материала, является обнаружение, определение координат и слежение за источниками АЭ. Этот метод может быть использован также для определения скорости развития дефекта в ОК с целью заблаговременного прекращения эксплуатации и предотвращения разрушения изделия.

К недостаткам данного метода можно отнести высокую цену аппаратно-программного комплекса, рисунок 3 и подготовку специалиста высокой квалификации. Кроме того, данный процесс является трудоёмким.



Рисунок 3 – Внешний вид аппаратно-программного комплекса АЭ:

- 1 – ВЭП датчик GT-300; 2 – предусилители виброакустического сигнала;
- 3 – аналого-цифровой преобразователь; 4 – ПЭВМ для обработки данных

Для выявления различного рода инородных включений, пустот, расслоений и трещин в авиационных композиционных материалах, применяется тепловой метод НК [1]. Данный метод основан на неоднородности теплового поля, которая обуславливается пространственно-временным распределением температур в материале контролируемого объекта (рис. 4).

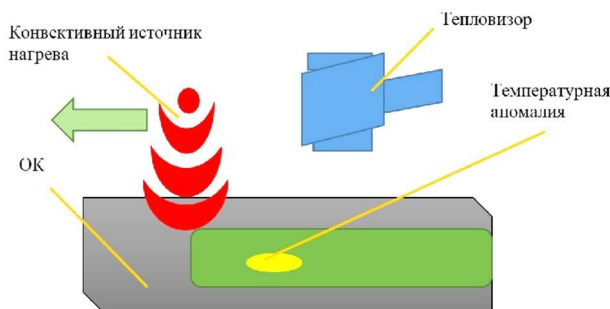


Рисунок 4 – Тепловой метод НК

Тепловой метод НК в достаточной степени является надёжным, так как при его использовании применяется точное дорогостоящее оборудование, а именно тепловизоры, пирометры или инфракрасные термометры и нагревательные элементы, для повышения разности температур в дефектных зонах ОК.

Стоит отметить, что тепловой метод требует от специалиста НК определённых специальных навыков в эксплуатации данного оборудования, поскольку при проведении контроля может использоваться жидкий азот, специальное программное обеспечение IRPreview и навыки работы с инфракрасной камерой комплекса теплового НК.

После теплового контроля материала остекления проводится анализ результатов исследования и составление заключения о наличии дефектов.

В настоящее время широко применяется хорошо зарекомендовавший себя оптико-визуальный метод НК [2]. Целью данного метода контроля является выявление в контролируемых деталях ВС поверхностных повреждений, нарушений защитного покрытия и элементов остекления, целостности узлов и деталей, их правильного взаимного расположения, а также определение размеров дефекта.

Дефектация происходит посредством визуального осмотра ОК при помощи измерительных приборов. Таким примером служит поляроидный прибор (рис. 5) и прибор, состоящий из смотровой призмы и осветителя (рис. 6).

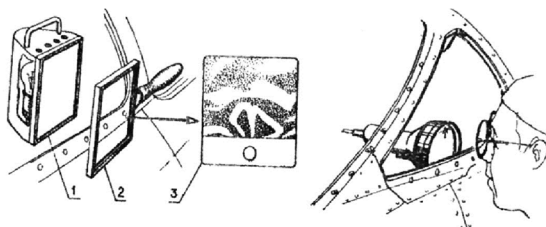


Рисунок 5 – Поляроидный прибор для обнаружения дефектов в остеклении:  
1 – поляризатор; 2 – анализатор; 3 – повреждения в стекле

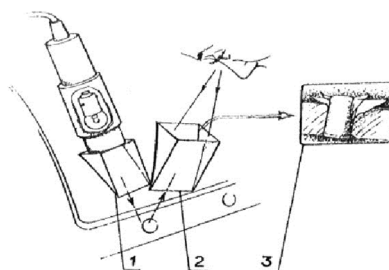


Рисунок 6 – Прибор для обнаружения дефектов в остеклении в местах заделки:  
1 – осветитель; 2 – смотровая призма; 3 – вид трещины в стекле

Оптико-визуальный метод НК среди остальных выделяется своей мобильностью, простотой, а также минимальными временными затратами на проведение контроля. Но помимо своих преимуществ обладает рядом недостатков, которые в некоторых случаях являются критическими. Среди них небольшая точность измерения дефектов.

При обнаружении дефектов в элементах деталей остекления АТ, в частности таких опасных, как усталостные трещины, которые опасны тем, что имеют тенденцию к развитию, необходимо правильно выбирать метод ремонта, поскольку именно от этого зависит, насколько долго удастся продлить ресурс восстановленной детали.

Целью технологических операций по шлифовке является полное устранение поверхностных повреждений, а полировки – восстановление оптических свойств стекла.

Устранению подлежат поверхностные повреждения на деталях остекления из оргстекла, глубина которых не превышает 0,5 мм для изделий с дозвуковыми скоростями полета и до 0,2 мм со сверхзвуковыми.

Устранение поверхностных дефектов стекла достигается путем удаления слоя стекла, имеющего дефекты. Это приводит к уменьшению суммарной толщины стекла. Однако, надежность восстановленных стекол по сравнению с новыми, практически не снижается. Так как толщина стекла уменьшается в допустимых пределах. В большинстве случаев глубина поверхностных трещин не превышает 0,5 мм, а это и есть тот допуск на толщину, в пределах которого механическая прочность стекла находится в заданном интервале.

Широкое применение находят исследования с использованием численных методов моделирования при решении задач механики деформированного твердого тела и механики конструкций в программном обеспечении Ansys и Mathcad [4], которые позволяют спрогнозировать развитие трещин после проведенного ремонта. При проведении ремонта в строевых частях зачастую не учитывается внутреннее остаточное напряжение, которое остаётся в местах устранения повреждения. Такие участки являются зонами концентрации напряжений, в которых при дальнейшей эксплуатации возможно повторное появление микротрещин (рис. 7).

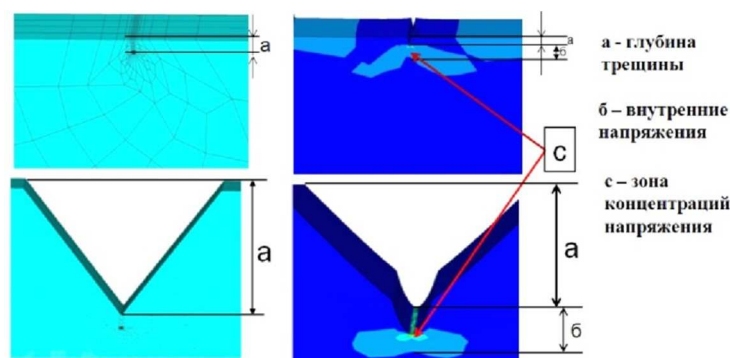


Рисунок 7 – Наличие зон концентрации напряжений в вершине трещины

Численное моделирование трещины в остеклении позволяет наиболее точно охарактеризовать поведение напряженно-деформированного состояния исследуемого объекта и разрабатывать (корректировать) технологию ремонта в зависимости от исследуемого материала и условий его эксплуатации.

Таким образом, применение численного моделирования при ремонте, будет способствовать повышению качества ремонта элементов остекления кабины, что, в свою очередь, окажет влияние на уровень безопасности полётов в целом.

#### Список литературы:

1. Нестерук Д.А., Вавилов В.П. Тепловой контроль и диагностика. – Томск : Томский политехн. ун-т, 2007. – 104 с.
2. Методы и средства оптико-визуальной диагностики авиационных ГТД: Учебное пособие / В.А. Пивоваров [и др.]. – М. : МГТУ ГА, 2005. – 80 с.
3. Попов А.В., Кондрашин, Е.А. Метод контроля прочности силовых элементов конструкций на основе оценки численно-временных характеристик АЭ процессов // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 7. – С. 45–47.
4. Фриск В.В., Ганин А.Г., Степанова А.Г. Применение пакета Matlab и Simulink для анализа электрических цепей. – Т. 2. – С. 79–86.

УДК 51.7

**СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ПРОТИВОРАКЕТНОГО МАНЕВРА ЛА  
ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**



**A MODERN APPROACH TO THE CALCULATION OF THE ANTI-MISSILE  
MANEUVER OF AN AIRCRAFT BY THE GRAPHOANALYTIC METHOD**

**Пережогин Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
perezhogin1946@rambler.ru

**Божко С.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
bozhko1960@rambler.ru

**Исаев Г.Р.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
isaev69@mail.ru

**Савицкий Ю.А.**

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
yurahelen1@mail.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
rx6da@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы оценки противоракетного маневрирования истребителей при ракетной атаке. Предложен простой алгоритм расчета оценки эффективности маневрирования в зависимости от кинематических характеристик ракеты и самолета, вида маневра и начальных условий на момент начала маневра.

**Ключевые слова:** безопасность полетов, противоракетное маневрирование, пилотажно-навигационный комплекс, головка самонаведения (ракеты), управляемая ракета, радиолокационная головка самонаведения (ракеты).

**Perezhogin L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
perezhogin1946@rambler.ru

**Bozhko S.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
bozhko1960@rambler.ru

**Isaev G.R.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
isaev69@mail.ru

**Savitsky Yu.A.**

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
yurahelen1@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
rx6da@mail.ru

**Annotation.** The article deals with the problems of evaluating the anti-missile maneuvering of fighters during a missile attack. A simple algorithm is proposed for calculating the maneuvering efficiency assessment depending on the kinematic characteristics of the rocket and aircraft, the type of maneuver and the initial conditions at the time of the maneuver start.

**Keywords:** flight safety, anti-missile maneuvering, flight and navigation complex, homing head (missiles), guided missile, radar homing head (missiles).

Несмотря на то, что практически все современные истребители имеют традиционное вооружение – авиационные пушки и пулеметы, основным оружием воздушного боя на сегодняшний день являются ракеты класса «воздух-воздух» [1]. Наши вероятные противники основную ставку делают на бесконтактный воздушный бой, при котором пуск ракеты, оснащенной головкой самонаведения (ГСН), производится за пределами прямой видимости по принципу «пустил и забыл». Ясно, что малозаметность самолета дает ему неоспоримое преимущество перед противником, уступающим ему в этом качестве, поскольку снижает возможность его раннего обнаружения. Такой истребитель с отключенной бортовой радиолокационной станцией (РЛС), используя данные дальнего радиолокационного обнаружения (ДРЛО), на выбранной

дистанции включает свою РЛС, выполняет пуск ракеты и незамеченным покидает место боевых действий. Отечественные истребители по сравнению с истребителями стран НАТО имеют совершенно беспрецедентные возможности маневрирования, названные «сверх маневренностью», однако в литературе достаточно давно идет активная дискуссия о пользе «сверх маневренности» и об эффективности противоракетного маневра. Распространено мнение [1, 2], что сейчас «ни скорость, ни, тем более, «сверх маневренность», не дают заметных преимуществ истребителю в бою, а во главу угла легла радиолокационная малозаметность». Например, автор [1] расставляет приоритеты в перечне требований к современному истребителю в таком порядке:

1. Малозаметность.
2. Бортовое радиоэлектронное оборудование и сетецентричность.
3. Вооружение.
4. Скорость.
5. Маневренность.

Скоростные характеристики ракет постоянно растут и новейшие ракеты «воздух-воздух» могут иметь скорости до 4,5–5,5 чисел Маха [2]. Ракеты последнего поколения с активной РГСН имеют на борту собственную полноценную РЛС, что позволяет им самостоятельно обнаруживать цели и наводиться на них. Новейшие ГСН с цифровой инфракрасной матрицей позволяют им формировать цифровое инфракрасное изображение цели в системе управления ракеты, которое позволяет ракете отличать летательный аппарат (ЛА) от точечных источников излучения типа тепловых ловушек.

Такая ГСН комбинируется с электронной системой обработки данных и обеспечивает лучшую помехозащищенность ракеты, большую точность попадания и увеличенную чувствительность ГСН, что в свою очередь позволяет увеличить дальность захвата цели. Приводятся данные что новейшие ракеты малой дальности для увеличения маневренности оснащаются двигателями с управляемым вектором тяги и газовыми рулями, которые позволяют ракете развернуться по направлению к цели сразу после пуска, до того как она наберёт скорость, достаточную для эффективного управления аэродинамическими поверхностями. Для увеличения возможности маневрирования на подлете к цели их оснащают поясом радиальных импульсных двигателей.

Применение на новейших истребителях современных бортовых РЛС позволяет им обнаруживать ракеты класса «воздух-воздух» на дальних дистанциях. Это позволяет пилоту адекватно оценить обстановку и заблаговременно подготовиться и к ответному ракетному удару и к противоракетному маневру. Необходимость обязательной готовности к противоракетному маневру вытекает и из того, что даже если встречная атакующая ракета будет повреждена или уничтожена как ЛА, остатки ракеты, среди которых может быть не с детонировавшая боевая часть, будут лететь на самолет и от них необходимо уклониться [15].

Действия летчика должны быть различными в зависимости от того, на какой дистанции обнаружено ракетное нападение, каким является взаимное расположение самолета и ракеты и какие скорости в этот момент имеют самолет и ракета. Захват цели атакующим самолетом может быть осуществлен как с использованием данных от самолета ДРЛО, так и собственной бортовой РЛС самолета-носителя ракеты. Летчик самолета-носителя осуществляет наведение ракеты на цель и, убедившись, что головка самонаведения ракеты уверенно захватила цель, осуществляет пуск ракеты.

При этом дистанция, на которой была обнаружена ракета, имеет для борта – цели нападения – важнейшее значение. Если это ракета большой дальности, то расстояние может составлять 100 ... 300 км, для ракет средней дальности – от 20 до 100 км, а малой – менее 20 км. При своевременном обнаружении ракеты большой дальности подлетное время может составить от 1,5 до 3 минут и у летчика есть некоторый резерв времени и для пуска противоракет и для подготовки к противоракетному маневру. При обнаружении ракет на средних дистанциях это время уменьшается до значений в несколько десятков секунд, а для малых дистанций оно составляет секунды [12].

Истребители поколения 4+ и выше имеют систему предупреждения о ракетной атаке, которая выдает пилоту информацию о дистанции, скорости движения ракеты и даже о ее типе [5]. Ряд функций управления самолетом, необходимых для защиты ма-

шины, требуют практически мгновенного исполнения, зачастую превышающего физиологические возможности человека. Информационная система предлагает пилоту на выбор несколько вариантов противоракетного маневра. Если в критический момент летчик не успел сделать выбор, бортовая ЭВМ возьмет на себя функции управления маневром. Однако лучше, если летчик делает выбор самостоятельно и ясно представляет себе, что его ожидает в процессе маневра, какой будет длительность маневра и прогнозирует свои действия после выхода из маневра. Такое решение может быть принято только на базе знаний, умений и интуиции.

Существует ряд методик, расчёта оценки вероятности успеха противоракетного манёвра [9] применительно к различным средствам ракетного обстрела, к уровню индивидуальной подготовки, психофизиологическому состоянию пилота и возможностям летательного аппарата с другой. Из этого следует, что индивидуальная выучка пилотов и умение адекватно реагировать на возникающие угрозы является важнейшим фактором для выполнения успешного противоракетного маневра и летчик должен ясно представлять себе основные этапы ракетной атаки и понимать, как графически представляется этот процесс.

Началом ракетной атаки является момент захвата головкой ракеты цели, а активное противоракетное маневрирование истребителя может быть успешным, если выполняется на конечной стадии ракетной атаки [17].

Целью данной научной работы является разработка простого и доступного для использования будущими летчиками алгоритма, позволяющего им самостоятельно анализировать эффективность противоракетного маневра истребителя в широком диапазоне скоростей ракет и самолетов и используя предлагаемый алгоритм самостоятельно определять, какая дистанция является оптимальной для начала противоракетного маневра. При этом следует рассмотреть весь располагаемый на сегодняшний день диапазон скоростей ракет и самолетов, которые они могут иметь на момент начала маневра при различных исходных позициях самолета и ракеты.

Алгоритмическое обеспечение работы бортовой ЭВМ истребителя строится на принципах иерархической системы управления, имеющей три уровня: навигационный, траекторный, пилотажный и использует очень сложное математическое обеспечение. Если исключить из этой задачи обратную связь, связанную с управлением самолетом, то для анализа результатов противоракетного маневра при различных исходных данных на момент начала маневра, такие всеобъемлющие и многоуровневые расчеты не потребуются.

Такое заключение можно сделать исходя из того, что хотя самолет и ракета маневрируют в трехмерном пространстве, наведение ракеты на цель в любой момент времени производится по прямой линии, соединяющей ракету и самолет. Головка самонаведения ракеты непрерывно отслеживает положение цели на траектории ее полета и непрерывно корректирует траекторию полета. При этом пространственное положение прямой линии, соединяющей ракету и цель в любой момент времени, для задачи наведения не имеет никакого значения. Для малых промежутков времени участки траектории самолета, отслеживаемые головкой самонаведения ракеты, неотличимы от отрезков прямых линий. Поэтому для каждого малого интервала времени задачу наведения ракеты на цель можно рассматривать как двухмерную, что существенно упрощает и ее решение. При такой постановке задачу можно решать как графически, так и аналитически [3].

В качестве типовых будем рассматривать четыре вида маневров:

1. Самолет уклоняется от догоняющей его ракеты маневром по круговой траектории с предельно допустимой перегрузкой. Это аналог ракетной атаки «в хвост» или в задней полусфере.

2. Самолет уклоняется от встречной ракеты, выполняя маневр по круговой траектории с предельной перегрузкой. Это аналог ракетной атаки «в лоб».

3. Самолет начинает маневр, когда направление движения обнаруженной ракеты перпендикулярно курсу самолета. Маневр выполняется по круговой траектории с предельно допустимой перегрузкой во встречном к движению ракеты направлении.

4. Самолет начинает маневр в момент, когда начальные курсы его и ракеты имеют различные углы.

При анализе будем полагать самолет и ракету точками на траекториях их движения. Процесс движения ракеты и преследуемый ей самолет можно рассматривать как последовательность их взаимных статических положений, фиксируемые через малые интервалы времени  $\Delta t$  [9].

Наиболее важным параметром, который будет назначен исходным для начала маневра – это расстояние  $l_0$  между самолетом и ракетой, на котором самолет должен начать противоракетный маневр. Соответственно время начала маневра  $t_0 = 0$  – это момент, в который дистанция имеет значение  $l_0$ . В этот самолет начинает активный маневр. Радиус кругового маневра самолета ограничен прочностью планера или физиологическими возможностями пилота и его минимальное рассчитывается как  $r_c^{\min} = \frac{u_c^2}{a_n^c}$ , м.

Здесь значение нормального ускорения не может превышать заданных (назначенных) значений  $a_n^{c, \max} = (8 \dots 9,5) \cdot g = 71 \dots 93 \text{ м/с}^2$ .

Ракеты также имеют свои ограничения по допустимой перегрузке и их значения для разных типов ракет различны. Минимально допустимый радиус кривизны траектории движения ракеты  $\rho_p^{\min}$  при ее текущей скорости  $u_p$  будет равен  $\rho_p^{\min} = \frac{u_p^2}{a_n^{p, \max}}$ , м.

Величины допустимого нормального ускорения ракет зависят от их типа и могут иметь значения  $a_n^{p, \max} \leq (10 \dots 40) \cdot g \approx 300 \dots 400 \text{ м/с}^2$  при располагаемых скоростях ракет в диапазоне  $u_p \leq (3 \dots 5) \cdot M = 1000 \dots 1600 \text{ м/с}$ .

Противоракетный маневр будет эффективным только в том случае, если на конечной фазе сближения ракеты с самолетом радиус кривизны траектории ракеты  $\rho_p$ , который ей нужно иметь для поражения цели, окажется для нее недостижимым [10]. Это ограничение налагается предельно допустимой для данной ракеты перегрузкой, определяемой допустимым нормальным ускорением  $a_n^{p, \max}$ . Иначе говоря, необходимое условие успешности противоракетного маневра можно записать в виде:

$$\rho < \rho_p^{\min} = \frac{u_p^2}{a_n^{p, \max}}, \text{ м.}$$

Заметим, что это условие не всегда может быть достаточным и именно анализ результатов расчетов позволит установить, успешен маневр или неуспешен.

Успешным маневр можно считать только в том случае, если минимум дистанции, достигнутый в процессе сближения, позволит избежать уничтожения самолета после взрыва боеприпаса ракеты.

Важно оценивать и влияние принятой при расчетах дискретности во времени на результат маневра. Изучение влияния дискретности, т.е. величины принятых при расчете временных интервалов  $\Delta t$ , имеет особое значение, поскольку она для процесса маневрирования является реально существующим фактором, влияющим на результат маневра.

Хотя головка наведения ракеты отслеживает траекторию самолета непрерывно, в реальности процесс наведения является дискретным, причем дискретность имеет, как минимум, две составляющие. Первая связана с задержкой во времени между моментом фиксации цели головкой самонаведения и моментом выдачи команд исполнительным механизмам управления ракеты после обработки сигналов [13]. Эта фаза, вследствие быстродействия вычислительных систем, занимает всего несколько миллисекунд. Вторая связана с работой исполнительных механизмов рулей оперения и временем, необходимым для изменения положения ракеты на ее траектории. В реальности эта фаза может занимать время от долей секунды до целых секунд и в большой степени зависит от скорости ракеты, плотности атмосферы на данном участке траектории, величины требуемого угла коррекции и др.

Описанная постановка задачи анализа противоракетного маневрирования является упрощенной, но она позволяет рассмотреть типовые ситуации маневрирования при различных начальных условиях и получить как численные результаты, так и наглядно, графически представить процесс маневрирования.



Ключевыми в нашем анализе являются следующие понятия:

- линия наведения – это линия, которая в данный момент соединяет ракету и самолет на их траекториях;
- расстояние  $s_c$  – это отрезок траектории самолета, который он пролетает за принятый интервал времени;
- линия перенацеливания – это линия, соединяющая новое положение ракеты и новое положение самолета в момент к началу очередного (ближайшего последующего) интервала времени.

С использованием этих понятий будем выполнять графическое построение (моделирование) маневра и строить расчетный алгоритм.

Следует иметь в виду, что для произвольного момента времени ориентация плоскости, которой находятся линия наведения ракеты на самолет и участок траектории самолета, соответствующий принятому интервалу времени, может иметь произвольную ориентацию в пространстве. Но мы, не акцентируя внимания на ее действительную ориентацию, будем последовательно переносить их в плоскость чертежа.

Для анализа маневра удобно использовать две плоские системы прямоугольных координат. Начало координат первой системы расположим в точке нахождения ракеты в момент начала самолетом противоракетного маневра, т.е. в момент времени  $t_0 = 0$ . Обозначим эту систему координат  $xOy$ . В ней будем строить траекторию движения ракеты. Точка, обозначающая положение ракеты в момент начала маневра будет в системе  $xOy$  иметь координаты  $(0, 0)$ , а точка, в которой находится самолет – координаты  $(0, l_0)$  [7].

Для построения траектории движения самолета будем использовать вторую систему координат  $x'O'y'$ . Начало отсчета второй системы поместим на оси ординат первой системы в точке с координатами  $(0, l_0)$ , т.е. на расстоянии  $l_0$  (по оси  $y$ ) от начала координат системы  $xOy$ . Это означает, что координаты самолета в момент  $t_0$  имеют в первой системе значение  $(0, l_0)$ , а во второй –  $(0', 0')$ .

В начальный момент времени  $t_0 = 0$  (момент начала противоракетного маневра) и ракета и самолет находятся на оси ординат (оси  $y$ ) первой системы.

Момент начала противоракетного маневра должен быть выбран с учетом как скоростей ракеты и самолета, так и расстояния между ними. Будем обозначать их символами  $u_c$ ,  $u_p$ ,  $l_0$ .

Поскольку продолжительность противоракетного маневра при больших скоростях ракеты и самолета очень мала, то в рассматриваемом варианте анализа скорости  $u_c$ , и  $u_p$ , во время маневра будем считать постоянными

Построение траекторий полета ракеты и самолета будем выполнять пошагово, графоаналитическим методом [5].

Результат построения траектории будет тем точнее, чем большее количество шагов  $\Delta t$  во времени будет использовано. Одной из целей нашего анализа является также и определение оптимального количества итераций (т.е. величин  $\Delta t$ ).

Использование малых интервалов будет обеспечивать более точный результат, однако при этом и будет большим объем построений и расчетов. В приведенном далее примере графических построений алгоритма расчетов для анализа ракетной атаки скорости самолета и ракеты будем полагать постоянными.

Исходными данными для расчетов и построений будем принимать:

$l_0, м$  – расстояние между самолетом и ракетой, при котором самолет начинает противоракетный маневр;

$u_c, м/с$  – скорость самолета в момент начала маневра (будем пока считать ее постоянной в ходе всего маневра);

$u_p, м/с$  – скорость ракеты в момент начала маневра (так же принимаем ее постоянной в ходе маневра);

$a_n^{c, max} м/с^2$  – предельно допустимое нормальное ускорение самолета (в ходе маневра принято постоянным);

$a_n^{p, max} м/с^2$  – предельно допустимое нормальное ускорение ракеты (может быть достигнуто в конце маневра);

$\Delta t, c$  – принятый для расчета интервал (шаг) времени.

$r_c^{\min}$ , м – минимальный радиус круговой траектории, по которой происходит противоракетный маневр самолета.

### Порядок выполнения расчета и графических построений

1. Назначаем длительность шага времени  $\Delta t$ .
2. По заданным в исходных данных скоростям самолета  $v_c$  и ракеты  $v_p$  и заданным предельно допустимым величинам нормального ускорения  $a_n^{c, \max}$  и  $a_n^{p, \max}$ , определяем минимально допустимые значения радиусов кривизны траекторий самолета и ракеты при выполнении ими маневров по формулам (1) и (2):

$$r_c^{\min} = \frac{v_c^2}{a_n^{c, \max}}, \text{ м};$$

$$\rho_p^{\min} = \frac{v_p^2}{a_n^{p, \max}}, \text{ м}.$$

3. Определяем расстояния, которые самолет и ракета будут пролетать в течение назначенного интервала времени  $\Delta t$ :

– расстояние, которое пролетит самолет

$$s = v_p \cdot \Delta t, \text{ м} \quad (4)$$

– расстояние, которое пролетит ракета

$$S = v_p \cdot \Delta t, \text{ м} \quad (5)$$

При построении чертежа необходимо иметь ввиду, что он должен быть выполнен точно и иметь приемлемый масштаб построения.

Определяющими размерами при выборе масштаба являются заданные в исходных данных значения  $l_0$  и  $r_c^{\min}$ .

Упрощенный вид чертежа, который в итоге будет получен после окончания построения, представлен на рисунке 1.

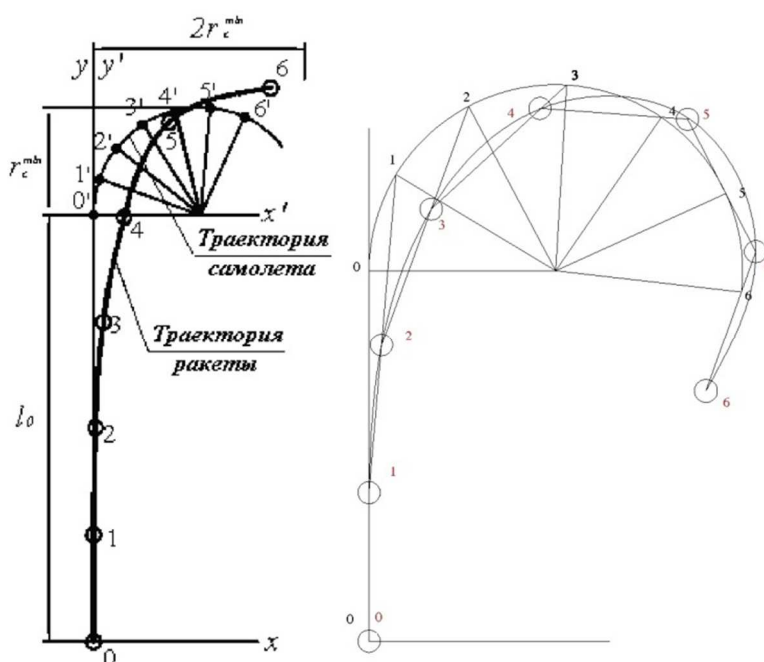


Рисунок 1 – Простейший вид чертежа построения траекторий ракеты и самолета при ракетной атаке

Большой по вертикали размер – это аналог реальной дистанции маневра, которая является суммой двух величин: расстояния  $l_0$  (расстояния между ракетой и самолетом в начале маневра) и  $r_c^{\min}$  (минимального радиуса виража самолета). Меньший размер – это удвоенный радиус  $r_c^{\min}$ .

4. Строим первую систему координат.

Принимаем левый нижний угол обозначенного на чертеже поля построений за начало координат системы  $xOy$  обозначаем ее точкой  $O$ . Ее координаты в этой системе –  $(0, 0)$ . Проводим от этой точки координатные оси.

По оси ординат (оси  $y$ ) в принятом масштабе откладываем отрезок длиной  $l_0 / \mu_t$ . В полученной точке  $(0, l_0)$  помещаем начало второй системы координат  $x'O'y'$  в которой будем строить траекторию движения самолета (рис. 1).

5. Примем форму траектории виража самолета при противоракетном маневре круговой траектории с радиусом  $r_c^{\min}$  и будем строить ее во второй системе координат.

Для этого по оси  $O'x'$  от точки  $O'$  в принятом масштабе откладываем отрезок, соответствующий радиусу  $r_c^{\min}$  и проведем над осью  $O'x'$  полуокружность соответствующего радиуса.

Самолет, двигаясь по дуговой траектории, за любой промежуток времени полета  $\Delta t$  пролетает расстояние, равное  $s = \Delta t \cdot v_c$ .

Вычисляем значение угла  $\varphi_{\Delta t}$ , при котором длина дуги  $s_{\Delta t}$  в секторе с радиусом  $r_c^{\min}$  будет численно равна скорости самолета  $s = v_c$ :

$$\varphi_{\Delta t} = \frac{s_{\Delta t}}{r_c}, \text{ рад.} \quad (6)$$

Переводим полученное значение угла  $\varphi_{\Delta t}$  в градусы и делим круговую траекторию движения самолета на сектора с углами  $\varphi_{\Delta t}$ . Количество состроенных секторов должно быть не меньше, чем округленное вверх значение отношения

$$n = k \cdot \left( 2 \cdot v_p + \frac{v_c}{v_p} \right). \quad (7)$$

Начальной точкой траектории самолета является точка  $O'$ , а все последующие обозначим, как  $1'$ ,  $2'$ ,  $3'$  и т.д. Пример такого построения с шестью точками на дуговой траектории самолета приведены на рисунке 1 и рисунке 2. Построение выполнено в масштабе  $\mu_t$ .

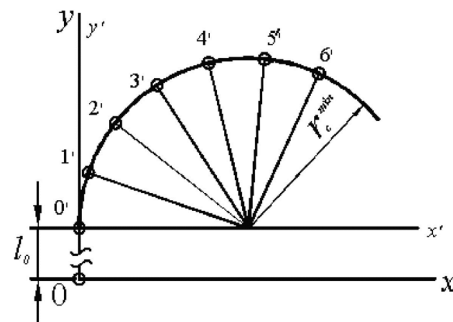


Рисунок 2 – Построение траектории движения самолета в системе координат  $x'O'y'$

6. Приступаем к построению траектории полета ракеты.

Исходим из того, что в начале маневра ракета находится в точке  $O,0$  системы координат  $xOy$ .

При построении траектории ракеты полагаем, что в течение первого интервала времени  $\Delta t$  ракета движется по прямой линии, соединяющей точки  $O$  и  $O'$  (рис. 1). Начальное наведение ракеты на самолет совершается в момент  $t_0 = 0$ , и в течение всего первого временного шага времени  $\Delta t$  это направление будем полагать неизменным.

К моменту времени  $t_1 = \Delta t$  ракета пройдет расстояние

$$S = v_p \cdot \Delta t, \text{ м.}$$

Линия  $00'$  проходит по оси  $y$ , поэтому на этой линии (в принятом масштабе  $\mu_l$ ) откладываем от начала координат (точки  $0,0$ ) отрезок длиной

$$S = \frac{\Delta t \cdot v_p}{\mu_l}.$$

Полученная точка будет первой построенной точкой траектории ракеты, которую обозначим цифрой 1, расположенной (как и точка 0) на оси ординат. Таким образом, в течение первого интервала времени  $\Delta t_1$  ракета летит по линии, соединяющей точки 0 и  $0'$ . Это линия первоначального прицеливания ракеты и точка 1, и в системе  $x0y$  она имеет координаты  $1(0, S)$ .

В точке 1 происходит первая корректировка траектории полета ракеты. В ней ракета наводится на точку  $1'$ , в которой находится самолет, движущийся по своей круговой траектории. После корректировки в течение очередного интервала времени  $\Delta t$  ракета будет двигаться по линии  $1,1'$ , и, пройдя за время  $\Delta t$  очередной отрезок пути, равный  $S$ , окажется в точке 2 своей траектории. В ней она будет перенацелена на точку  $2'$  траектории самолета и дальнейшее движение ракеты будет происходить по линии  $2,2'$ . Пройдя по этой линии путь, равный  $S$ , ракета окажется в точке 3 своей траектории, где произойдет очередная корректировка ее полета, и она будет далее двигаться по линии  $3,3'$ .

Аналогичные процедуры будут продолжены в каждый последующий интервал времени до тех пор, пока ракета не достигнет цели, или, в случае успешности совершенного самолетом маневра, не пролетит мимо цели.

Описанные операции следует повторять до того момента, пока отложенный на очередной линии перенацеливания ракеты отрезок длиной  $S$  не пересечет траекторию полета самолета.

Непрерывная кривая, соединяющая точки 1, 2, 3 ... n будет траекторией полета ракеты.

Значения времени, соответствующие положениям точек на траекториях самолета и ракеты будут равны  $t_1 = \Delta t$ ,  $t_2 = 2 \cdot \Delta t$ ,  $t_3 = 3 \cdot \Delta t$ ,  $t_i = i \cdot \Delta t$ ,  $t_n = n \cdot \Delta t$ , а длины всех элементарных участков траекторий самолета и ракеты  $s$  и  $S$ , преодолеваемые ими за любой интервал времени, будут равны между собой.

7. Проведем анализ траектории полета ракеты.

Наиболее важной для нас характеристикой этой траектории является значение радиуса кривизны траектории во всех построенных точках.

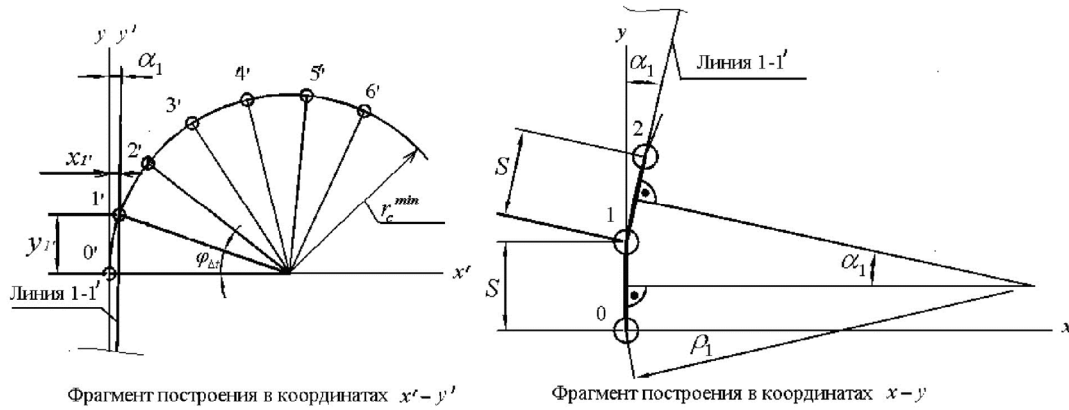
В конце первого интервала времени  $\Delta t$  ракеты находится в точке 0 с координатами  $(0, S)$ .

Поскольку в течение всего первого интервала времени  $\Delta t$  полет ракеты происходит по линии  $0,0'$ , то угол между линией траектории полета и осью  $y$  будет равен нулю и радиус кривизны в точке «0» равен  $\rho_0 = \infty$ .

7.1. Построение точки 2 траектории ракеты (в момент времени  $t_2 = 2 \cdot \Delta t$ ) и расчет радиуса кривизны  $\rho_1$  траектории ракеты в точке 1.

В точке «1» происходит перенацеливание ракеты, направление полета изменяется, и полет ракеты от точки 1 до точки 2 будет продолжаться по линии  $1,1'$ . Пролетев по этому направлению в течение второго интервала времени  $\Delta t$  расстояние  $S$ , ракета окажется в точке 2. Точку 2 получаем на линии  $1-1'$ , отложив на ней от точки 1 отрезок длиной  $S$  (в масштабе  $\mu$ ). Теперь построены три точки траектории ракеты  $(0, 1, 2)$  и через них можно провести дугу окружности, которую с достаточной точностью можно считать радиусом кривизны траектории ракеты в точке 1. Точка центра такой дуги будет лежать на пересечении перпендикуляров, проведенных из середин отрезков  $0, 1$  и  $1, 2$  траектории ракеты.

На рисунке 3 в некотором произвольном масштабе показано построение дуги с радиусом  $\rho_1$ , проведенной через точки  $0, 1, 2$ . Фрагменты построений, выполненные в координатной системе  $x'0'y'$ , показаны в левой части рисунка, а в системе  $x0y$  – в правой.



**Рисунок 3** – Построение дуги по точкам 0, 1, 2 для определения радиуса кривизны траектории в точке 1

В системе координат  $x'O'y'$  ордината точки  $1'$ , лежащей на траектории самолета в момент  $t_1 = \Delta t$  в, имеет значение:

$$y'_{1'} = r_c^{\min} \cdot \sin(\Delta\varphi \cdot 1). \quad (8)$$

Здесь угол  $\Delta\varphi$  соответствует тому элементарному углу, на который радиус  $r_c^{\min}$  дуги траектории самолета повернется за принятый элементарный интервал времени  $\Delta t$ :

$$\Delta\varphi = \frac{v_c \cdot \Delta t}{r_c^{\min}}, \text{ рад.}$$

В системе координат  $xOy$  ордината точки  $1'$  будет равна:

$$y_1 = l_0 + y'_{1'} = l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(\Delta\varphi \cdot 1). \quad (9)$$

Абцисса точки  $1'$  в момент  $t_1 = \Delta t$  будет иметь значение:

$$x'_{1'} = r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(\Delta\varphi \cdot 1)), \quad (10)$$

Тангенс угла наклона линии  $1,1'$  к оси  $y$  (угла  $\alpha_1$ ) равен отношению

$$\text{tg}\alpha_1 = \frac{x'_{1'} - x_0}{y_1 - y_0} = \frac{r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(\Delta\varphi \cdot 1)) - 0}{(l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(\Delta\varphi \cdot 1)) - S} = \frac{r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(\Delta\varphi \cdot 1))}{l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(\Delta\varphi \cdot 1) - v_p \cdot \Delta t}. \quad (11)$$

Угол наклона  $\alpha_1$ , соответственно, равен

$$\alpha_1 = \text{arctg}\alpha_1 = \text{arctg}\left(\frac{r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(\Delta\varphi \cdot 1))}{l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(\Delta\varphi \cdot 1) - v_p \cdot \Delta t}\right). \quad (12)$$

Радиус дуги, построенный на точках 0,1,2, будет равен

$$\rho_1 = \frac{S/2}{\sin(\alpha_1/2)}. \quad (13)$$

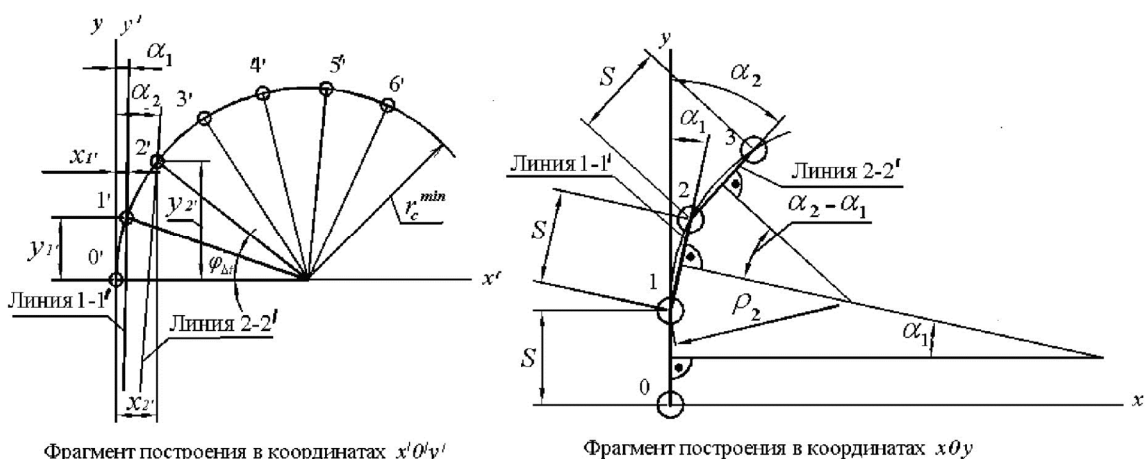
Будем считать его равным радиусу кривизны траектории ракеты в точке 1.

7.2. Построение точки 3 траектории ракеты (в момент времени  $t_2 = 2 \cdot \Delta t$ ) и расчет радиуса кривизны  $\rho_2$  траектории ракеты в точке 2.

Графическое построение линии  $1-2'$  и точки 3 на ней, также построение дуги с радиусом  $\rho_2$ , проведенной через точки 1, 2, 3 показано на рисунке 4. Фрагменты построений также выполнены в координатных системах  $x'O'y'$  и  $xOy$ .

Ордината точки  $2'$  (точки траектории самолета в системе координат  $x'O'y'$ ) в момент  $t_2 = 2 \cdot \Delta t$  имеет значение:

$$y'_{2'} = r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \Delta\varphi).$$



Фрагмент построения в координатах  $x'0'y'$

Фрагмент построения в координатах  $x0y$

**Рисунок 4** – Построение дуги по точкам 1, 2, 3 для определения радиуса кривизны траектории в точке 2

В системе  $x0y$  ордината точки 2' равна:

$$y_{2'} = l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \Delta\varphi).$$

Проекция отрезка линии 12' на ось ординат будет равна

$$\begin{aligned} \Delta y_{1,2'} &= y_{2'} - y_1 = l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \Delta\varphi) - S - S \cdot \cos\alpha_1 = \\ &= l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \Delta\varphi) - v_p \cdot \Delta t \cdot (1 + \cos\alpha_1). \end{aligned}$$

Абсцисса точки 2' в обеих системах координат равна:

$$x_2 = x_{2'} = r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(2 \cdot \Delta\varphi)).$$

Тангенс угла наклона линии 1, 2' к оси  $y$  (угла  $\alpha_2$ ) равен отношению

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}\alpha_2 &= \frac{x_{2'} - x_1}{\Delta y_{1,2'}} = \frac{r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(2 \cdot \Delta\varphi)) - S \cdot \sin\alpha_1}{l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \Delta\varphi) - v_p \cdot \Delta t \cdot (1 + \cos\alpha_1)}; \\ \operatorname{tg}\alpha_2 &= \frac{x_3 - x_{2'}}{\Delta y_{1,2'}}. \end{aligned}$$

Угол  $\alpha_2$  наклона линии 2,2' к оси  $y$ , соответственно, равен

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \operatorname{arctg}\alpha_2 = \operatorname{arctg}\left( \frac{r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(2 \cdot \varphi_{\Delta t}))}{l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \varphi_{\Delta t}) - v_p \cdot \Delta t \cdot (1 + \cos\alpha_1)} \right); \\ \rho_2 &= \frac{S_1/2}{\sin((\alpha_2 - \alpha_1)/2)} \end{aligned}$$

7.3. Построение точки 4 траектории ракеты (в момент времени  $t_2 = 3 \cdot \Delta t$ ) и расчет радиуса кривизны  $\rho_3$  траектории ракеты в точке 3.

Графическое построение линии 2–3' и точки 4 на ней, также построение дуги с радиусом  $\rho_3$ , проведенной через точки 2, 3, 4 выполняется аналогично.

Ордината точки 3' (точки траектории самолета в системе координат  $x'0'y'$ ) в момент  $t_3 = 3 \cdot \Delta t$  имеет значение:

$$y_{3'} = r_c^{\min} \cdot \sin(3 \cdot \varphi_{\Delta t}),$$

В системе  $x0y$  ордината точки 3' равна:

$$y_3 = l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(3 \cdot \varphi_{\Delta t}).$$

Проекция отрезка линии 2, 3' на ось ординат будет равна

$$\Delta y_{2,3'} = y_3 - S - S \cdot \cos \alpha_1 - S \cdot \cos \alpha_2 = l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \varphi_{\Delta t}) - v_p \cdot \Delta t \cdot (1 + \cos \alpha_1 + \cos \alpha_2). \quad (14)$$

Абсцисса точки 3' в обеих системах координат равна:

$$x_3 = x_{3'} = r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(3 \cdot \varphi_{\Delta t})).$$

Тангенс угла наклона линии 2,3' к оси y (угла  $\alpha_3$ ) равен отношению

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{x_3 - x_2}{\Delta y_{2,3'}} = \frac{r_c^{\min} \cdot [(1 - \cos(2 \cdot \varphi_{\Delta t}) + \cos(3 \cdot \varphi_{\Delta t}))] -}{l_0 + r_c^{\min} \cdot \sin(2 \cdot \varphi_{\Delta t}) - v_p \cdot \Delta t \cdot (1 + \cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)};$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{x_3 - x_2}{\Delta y_{1,2'}}.$$

По аналогии, для точки 3 в системе координат  $x'O'y'$  будем иметь значения проекций на координатные оси

$$x_{3'} = r_c \cdot (1 - \cos(3 \cdot \varphi));$$

$$x_3 = x_0 + S_1 \cdot \sin \alpha_1 + S_1 \cdot \sin \alpha_2 = S_1 \cdot (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2);$$

$$y_{3'} = r_c \cdot \sin(3 \cdot \varphi_{\Delta t}).$$

Значение проекции линии 3,3' на ось  $y_B$  в системе координат  $xOy$  будет равно

$$y_{3,3'} = l_0 - v_p \cdot (1 + \cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) + y_{3'} = l_0 - v_p \cdot (1 + \sum_{i=1}^{i=(n-1)} \cos \alpha_i) + r_c \cdot \sin(n \cdot \varphi_{\Delta t}).$$

Тангенс угла наклона линии 3,3' к оси y (угла  $\alpha_3$ ) равен отношению

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{x_{3'} - x_3}{y_{3,3'}} = \frac{r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(3 \cdot \varphi_{\Delta t})) - S \cdot (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2)}{l_0 - v_p \cdot (1 + \cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) + r_c^{\min} \cdot \sin(3 \cdot \varphi_{\Delta t})}$$

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg} \alpha_3$$

$$\rho_3 = \frac{S_1/2}{\sin((\alpha_3 - \alpha_2)/2)}.$$

В этой формулах значение множителя  $n$  соответствует номеру точки на траектории, т.е. для точки 1 значение  $n = 1$ , для точки 2 значение  $n = 2$  и т.д.

В общем случае, для произвольного числа  $i$  (в нашем случае  $i$  – число элементарных интервалов времени, на которые разделяем весь противоракетный маневр) расчетная формула будет иметь вид:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{x'_i - x_i}{\Delta y_i}, \quad (15)$$

в которой координаты точек  $x'_i, x_i, y'_i, y_i$  имеют значения:

$$x'_i = r_c^{\min} \cdot (1 - \cos(\Delta \varphi \cdot i)); \quad (16)$$

$$x_i = r \cdot (1 - \sum_{i=1}^i \cos(\varphi \cdot (i - 1))); \quad (17)$$

$$y'_i = r \cdot \sin(\varphi \cdot (i - 1)); \quad (18)$$

$$y_{i-1} = v_p \cdot \Delta t \cdot (1 + \sum_1^{i-1} \cos(\alpha_i \cdot (i - 1))); \quad (19)$$

$$\Delta y_i = l_0 + y'_i - y_{i-1} \quad (20)$$

При значении интервала времени  $\Delta t$  величина  $S = v_p \cdot \Delta t$ .

Общее количество интервалов времени для расчета можно предварительно принять равным

$$n = \frac{l_0}{v_p \cdot \Delta t} + \frac{r_c^{\min}}{v_c \cdot \Delta t}, (\text{окр.вверх}) \quad (21)$$

Угол  $\alpha_i$  – это угол наклона линии, соединяющей точку  $i$  с точкой  $i'$  равен

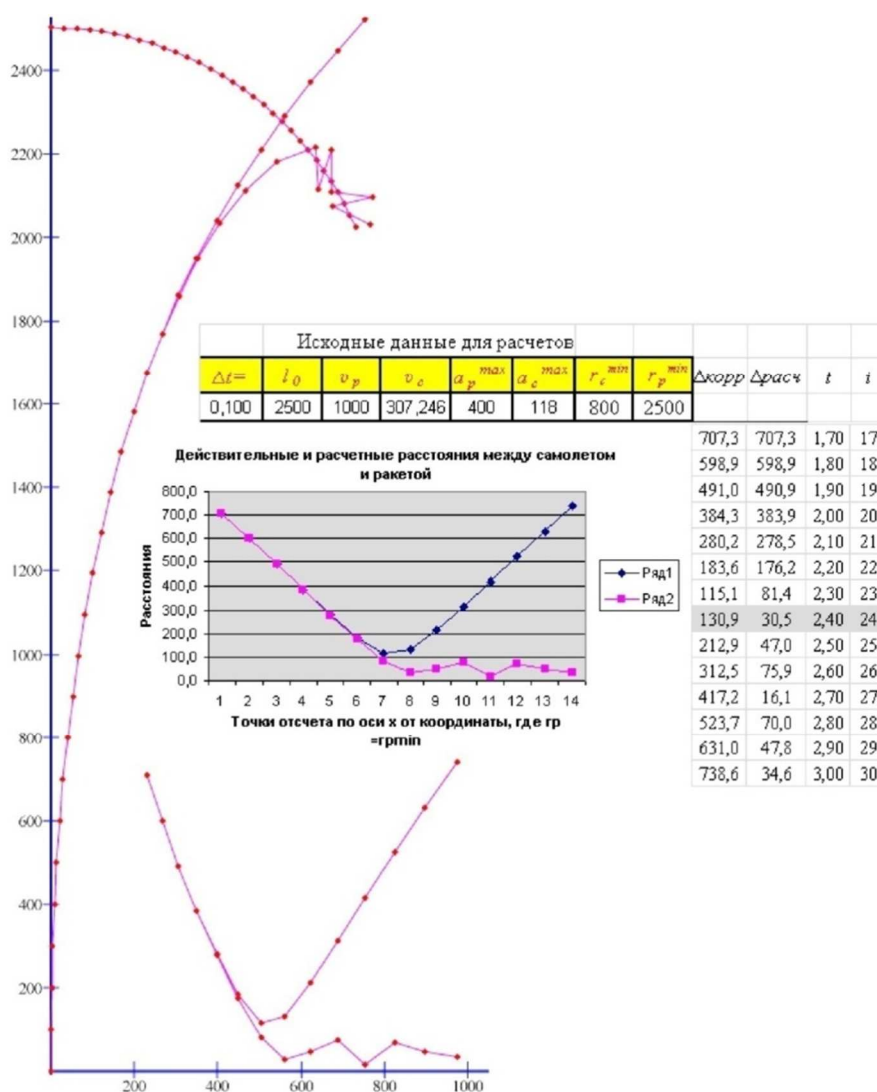
$$\alpha_i = \arctg \alpha_i \quad (22)$$

Радиус кривизны в  $i$ -той точке траектории ракеты определяем по формуле:

$$\rho_i = \frac{S/2}{\sin((\alpha_i - \alpha_{i-1})/2)} \quad (23)$$

В качестве примера приведем график анализа атаки, в которой истребитель начинает маневр под углом  $90^\circ$  к линии прицеливания ракеты, полученный для одного из вариантов исходных данных, приведенных в таблице на чертеже.

Подробное рассмотрение различных видов маневров и их анализ результатов предполагается изложить в последующих публикациях.



**Рисунок 5** – Графические построения и расчетные данные для одного из вариантов исходных данных ухода от ракетной атаки под углом  $90^\circ$  в момент начала маневра



**Список литературы:**

1. Сивков К.В. Дроны российского флота // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 42 (510). – С. 8–9.
2. Кузнецов В.А., Табырца Д.В. Синтез модели системы управления авиационным вооружением в интересах повышения эффективности применения управляемых средств поражения // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 20–31.
3. Оружие и технологии России. Энциклопедия. XXI век. Авиационное вооружение и авионика. – М. : Оружие и технологии, 2005. – Т. 10. – 784 с.
4. Авиация ВВС России и научно-технический прогресс. Боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра / под ред. Е.А. Федосова. – М. : Дрофа, 2005. – 734 с.
5. Горчаков М.А., Лущик А.В. Численное исследование влияния дальности и пеленга пуска управляемой ракеты на вероятность поражения воздушной цели // Сборник тезисов докладов Всероссийской НПК «Актуальные вопросы исследований: теория, обслуживание, разработки». – Воронеж, 2014. – С. 162–164.
6. Вавилов Ю.А., Наумов А.И., Таранцев Д.Е. Пилотажно-навигационный комплекс самолета СУ-27 и его модификаций // ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. – 2005. – 417 с.
7. Батенко А.П. Системы терминального управления. – М. : Радио и связь, 1984. – 159 с.
8. Батенко А.П. Синтез одного закона для конечного управления движущимся объектом // Изв. вузов. Приборостроение. – 1977. – № 4. – С. 36–40.
9. Смольников А.В., Десятирикова Е.Н., Волков В.Д. Синтез алгоритма управления динамической системой на основе разделения движений // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2015. – № 2. – С. 31–35.
10. Лебедев Г.Н., Синевиц Г.М., Михайлин Д.А. Разработка алгоритмического обеспечения для решения задачи резервирования источников информации на борту // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2016. – № 2. – С. 11–15.
11. Системы управления вооружением истребителей: Основы интеллекта многофункционального самолета. РАН / Л.Е. Баханов [и др.] // под ред. Е.А. Федосова. – М. : Машиностроение, 2005. – 400 с. (Справ. б-ка разработчика исследователя)
12. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
13. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С.101–108.
14. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – №1. – С.178–186.
15. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
16. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – 190 с.
17. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.

УДК 004.94

**ВЛИЯНИЕ МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТРЕБИТЕЛЯ  
НА ПОТЕРЮ ЕГО ВЫСОТЫ ПРИ ПЕРЕВОРОТЕ**



**INFLUENCE OF FIGHTER'S MASS CHARACTERISTICS  
ON THE LOSS OF ITS HEIGHT DURING THE COUP**

**Журавский К.А.**

адъюнкт,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
05061993ghka@mail.ru

**Костин П.С.**

кандидат технических наук, доцент,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
texnnik@mail.ru

**Мельников В.С.**

ВУНЦ ВВС «ВВА»  
05061993ghka@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрено влияние массовых характеристик современного истребителя на потерю высоты при перевороте. Исследование проведено путем полунатурного моделирования на пилотажном стенде с участием летчиков.

**Ключевые слова:** массовые характеристики истребителя, полунатурное моделирование, пространственный маневр, потеря высоты, пилотажно-моделирующий стенд.

**Zhuravsky K.A.**

Postgraduate Student,  
VUNC VVS «VVA»  
05061993ghka@mail.ru

**Kostin P.S.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
VUNC VVS «VVA»  
texnnik@mail.ru

**Melnikov V.S.**

VUNCVVS «VVA»  
05061993ghka@mail.ru

**Annotation.** The article examines the influence of mass characteristics of the modern fighter on the loss of height during the coup. The study was carried out by semi-natural simulation on an aerobatic stand with the participation of pilots.

**Keywords:** fighter's mass characteristics, semi-natural simulation, spatial maneuver, loss of height, aerobatic stand.

Современные истребители способны выполнять сложные пространственные маневры во всем эксплуатационном диапазоне для решения различных тактических задач. Безопасность и точность выполнения пространственных маневров зависит от огромного количества факторов, к которым относятся начальные условия ввода в маневр, массовые характеристики, конфигурация истребителя, особенности управления летчиком, особенности функционирования системы управления истребителем и т.д. Частично влияние данных факторов исследуется в ходе летных испытаний, при проведении которых все возможные в дальнейшей эксплуатации режимы полета исследовать не представляется возможным. Поэтому ограничиваются исследованием наиболее важных факторов, которые в дальнейшем находят свое отражения в инструкциях и регламентах по летной эксплуатации.

В представляемой работе было исследовано влияние массы современного истребителя на потерю высоты при перевороте. Переворот – один из распространенных пространственных маневров в вертикальной плоскости и применяется для атаки воздушной цели, летящей ниже и на встречном курсе, ухода от атак истребителей противника, быстрого увеличения скорости и последующего выполнения восходящих маневров. Потеря высоты  $\Delta H$  является основной и важной с точки зрения безопасности полета характеристикой переворота [1].

В настоящее время оценить влияние массы истребителя  $m_{\text{ЛД}}$  на потерю высоты при перевороте можно лишь качественно через вес истребителя  $G$ , используя формулу (1) для определения потери высоты:

$$\Delta H = \frac{4G}{gS\rho_{\text{Hcp}}C_{Y_{\text{a cp}}}}, \quad (1)$$



Результат исследования представлен в виде диаграмм потерь высот  $\Delta H$  за переворот для каждого эксперимента, сгруппированные в 4 группы для каждого варианта подвески по 4 варианта заправки (рис. 2).

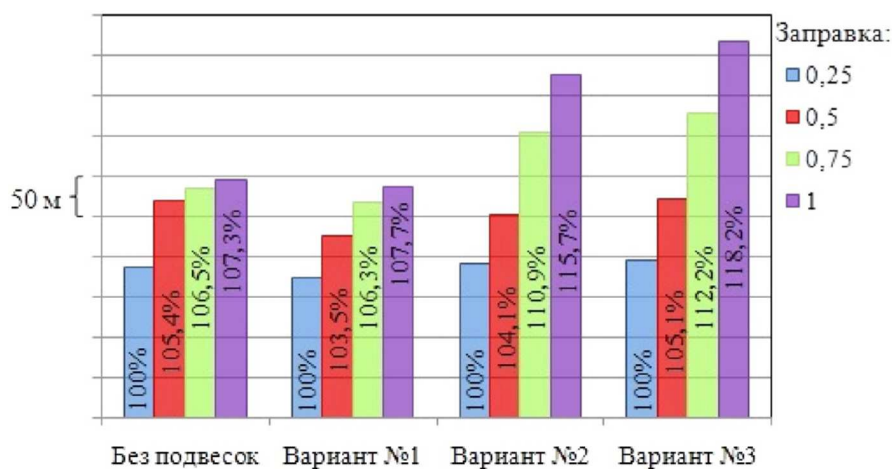


Рисунок 2 – Диаграммы потерь высот, полученные в результате исследования

Как видно из диаграмм, увеличение количества топлива (т.е. массы истребителя) во всех случаях приводит к увеличению потери высоты при перевороте. Характер увеличения  $\Delta H$  в конфигурации «Без подвесок» аналогичен «Варианту № 1», «Вариант № 2» аналогичен с «Варианту № 3». Это объясняется наличием в крайних двух вариантах подвесок подфюзеляжного топливного бака. Минимальное влияние наблюдается при подвесках «Вариант № 1» и увеличении заправки с 0,25 до 0,5, которое приводит к росту  $\Delta H$  на 3,5 %, что составляет 52 м. Максимальное влияние наблюдается при подвесках «Вариант № 3» и увеличении заправки с 0,25 до 1, которое приводит к росту  $\Delta H$  на 18,2 %, что составляет 272 м.

Таким образом, в ходе проделанной работы была показана прямо пропорциональная зависимость потери высоты от массы истребителя при перевороте. Максимальная заправка при подвесках вариант № 3 может увеличить потерю высоты при перевороте на более чем 250 м, что больше минимальной безопасной эксплуатационной высоты (равной 200 м). Следовательно, масса истребителя должна быть учтена при определении безопасных параметров ввода в переворот.

#### Список литературы:

1. Левицкий С.В., Свиридов Н.А. Динамика полета: учебник для слушателей и курсантов Военно-воздушной инженерной академии имени проф. Н.Е. Жуковского / Под ред. С.В. Левицкого. – М. : Изд. ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского. – 2008. – 527 с.
2. Костин П.С., Верещагин Ю.О., Волошин В.А. Программно-моделирующий комплекс для полунатурного моделирования динамики маневренного самолета // «Труды МАИ». – 2015. – № 81.
3. Дьяконов В.П. MATLAB7.\* / R2006 / R2007: Самоучитель. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 768 с.

УДК 621.396.96

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАБЛЮДЕНИЯ  
ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСЛОВИЙ РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАЗРЕШЕНИЯ  
МАНЕВРИРУЮЩЕЙ ГРУППОВОЙ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ НА ОСНОВЕ ОБЩЕЙ  
МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАБЛЮДЕНИЯ  
В АКТИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ САМОНАВЕДЕНИЯ**



**DEVELOPMENT OF MONITORING PROCESS CONTROL METHOD  
FOR CREATION OF RADAR RESOLUTION CONDITIONS MANOEUVRING  
GROUP AIR TARGET BASED ON COMMON METHODS OF MONITORING  
PROCESS CONTROL IN ACTIVE RADAR HOMING SYSTEM**

**Захаренко Г.И.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
zgi3791@rambler.ru.

**Захаренко Д.Г.**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
zgi3791@rambler.ru.

**Аннотация.** В статье, посредством применения общей методики управления процессом наблюдения, использующей математический аппарат статистической теории оптимального управления, представлен метод управления процессом наблюдения для создания условий радиолокационного разрешения маневрирующей групповой воздушной цели.

**Ключевые слова:** радиолокационное разрешение, групповая воздушная цель, методика управления процессом наблюдения.

**Zakharenko G.I.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
zgi3791@rambler.ru

**Zakharenko D.G.**

Student,  
Kuban State Technological University  
zgi3791@rambler.ru

**Annotation.** In the article, by applying a common management technique observation process using mathematical apparatus of statistical theory of optimal control, method of monitoring process control is presented for creation of radar resolution conditions for maneuvering group air target.

**Keywords:** radar resolution, group aerial target, method of monitoring process control.

**В** о многих задачах определения состояния подвижных объектов возможности сколько-нибудь значимого совершенствования измерительной аппаратуры порой оказываются исчерпанными. В подобных условиях оптимизация процесса наблюдения выступает в качестве единственного резерва для повышения точности определения состояния таких объектов.

Суть этой оптимизации состоит в обеспечении наилучших условий наблюдения посредством планирования различных мероприятий, например: планирования режимов работы измерительных средств, выбора состава измеряемых параметров, организации так называемых активных экспериментов и т.д. Традиционно подобные вопросы составляли теорию оптимального планирования эксперимента [2]. Возможность описания эксперимента динамической моделью в виде системы стохастических дифференциальных (разностных) уравнений позволила для отыскания экстремумов целевых функций экспериментов воспользоваться методами теории управления. Такие динамические задачи планирования эксперимента составляют класс задач управления процессом наблюдения. К подобным задачам могут быть отнесены и задачи наведения управляемых объектов на цель, в процессе которого необходимо обеспечивать заданные показатели качества ее наблюдения.

Перспективным направлением, позволяющим решить задачу управления наблюдением является использование математического аппарата статистической теории оптимального управления (СТОУ) [2], которая дает возможность получить законы функционирования систем управления, совместно наилучшие как по точности, так и по

экономичности. В простейшем варианте СТОУ позволяет [3] для систем с заданной (управляемой) частью предназначенной для отслеживания процесса сформировать сигнал управления оптимальный по минимуму функционала качества:

$$\dot{x}_y(t) = F_y x_y(t) + B_y u(t) + \xi_y(t), \quad (1)$$

$$\dot{x}_T(t) = F_T x_T(t) + \xi_T(t), \quad (2)$$

$$u(t) = K^{-1} B_y^T Q [\hat{x}_T(t) - \hat{x}_y(t)], \quad (3)$$

$$I = M_y \{ [x_T(t) - x_y(t)]^T Q [x_T(t) - x_y(t)] + \int_0^t u^T(t) K u(t) dt \}, \quad (4)$$

где  $x_T$  и  $x_y$  –  $n$ -мерные векторы требуемых и управляемых фазовых координат;  
 $F_T$  и  $F_y$  – динамические матрицы процессов (2) и (1);  
 $B_y$  – матрица эффективности  $r$ -мерного ( $r \leq n$ ) вектора  $u$  и сигналов управления;  
 $\xi_T$  и  $\xi_y$  –  $n$ -мерные векторы центрированных гауссовских шумов с известными матрицами  $G_T$  и  $G_y$  односторонних спектральных плотностей;  
 $Q$  – неотрицательно определенная матрица штрафов на точность слежения  $x_y$  за  $x_T$ ;  
 $K$  – положительно определенная матрица штрафов на величину (экономичность) сигналов управления;  
 $\hat{x}_T$  и  $\hat{x}_y$  – векторы оптимальных оценок процессов  $x_T$  и  $x_y$ ;  
 $M_y$  – знак математического ожидания.

Следует подчеркнуть, что первое слагаемое в (4) характеризует точность управления, второе – его экономичность.

Конкретизируем общую постановку задачи активного эксперимента применительно к активной радиолокационной системе наведения управляемого объекта (УО) на цель.

Пусть УО осуществляет наведение на маневрирующую воздушную цель, состоящую из двух элементов, расстояние между которыми не позволяет с помощью БРЛС наблюдать их раздельно ни по углу, ни по дальности.

При этом будем считать, что эволюции цели и объекта управления (ОУ) в пространстве отображаются перемещениями материальных точек, причем каналы управления ОУ в различных плоскостях не влияют друг на друга. Опираясь на последнее предположение, ниже рассмотрим процесс наведения только в одной (например, горизонтальной) плоскости. Кроме того, будем полагать, что цель маневрирует с мгновенным поперечным ускорением  $j_{цг}$ , а ОУ – так, что модуль скорости сближения остается постоянным. Последнее допущение, являясь в общем случае нестрогим, позволяет существенно упростить математические выкладки. Кроме того примем, что все фазовые координаты измеряются идеально точно. С учетом всех этих предположений задачу синтеза можно сформулировать следующим образом.

Для ОУ, перемещение которого относительно цели определяется кинематическим уравнением [4] необходимо найти закон изменения требуемого бокового ускорения  $j_{гт}$ , обеспечивающий минимум локального функционала качества:

$$\dot{\omega}_T = -\frac{2\dot{D}}{D} \omega_T - \frac{1}{D} (j_{гг} - j_{цг}) + \xi_{\omega_T}, \quad (5)$$

$$\min I = M_y \left\{ (\omega_{гг} - \omega_T)^2 q_\omega + \int_0^t u_j^2 k_j dt \right\}, \quad (6)$$

В (5), (6)  $\omega_{гг}$  и  $\omega_T$  – требуемое и текущее значения угловой скорости линии визирования (ЛВ);  $j_{гг}$  и  $j_{цг}$  – боковые ускорения ОУ и цели в горизонтальной плоскости;  $D$  и  $\dot{D}$  – дальность от ОУ до цели и скорость ее изменения;  $q_\omega$  и  $k_j$  – коэффициенты штрафов за точность управления и величину обобщенного управляющего сигнала  $u_j$ ;  $\xi_{\omega_T}$  – центрированный гауссовский шум, учитывающий различного вида случайные воздействия. Особенностью используемой модели состояния (5) является ее адаптация к условиям применения, обусловленная учетом влияния дальности, скорости и маневров цели и ОУ.

Из [1] для текущего промаха

$$h = D^2 \omega_r / V_0, \quad (7)$$

где  $V_0$  – относительная скорость, следует, что для получения минимального промаха необходимо обеспечить минимальное требуемое значение угловой скорости ЛВ. Тогда сигнал управления  $u_{jr}$ , оптимальный по минимуму функционала (6), будет совместно наилучшим как по точности наведения (промаху  $h_r$ ), так и по энергии, затраченной на управление.

Поскольку (5) – линейное уравнение, шум  $\xi_{\omega r}$  – гауссовский, а функционал качества (6) – квадратичный, то на основании теоремы разделения (статистической эквивалентности [3]) синтез алгоритмов управления на первом этапе будет выполняться на основе детерминированной модели (5) при условии, что  $\xi_{\omega r} = 0$ , а текущие значения  $\omega_r$ ,  $D$  и  $\dot{D}$  известны точно.

Для заданного (минимально возможного) размера  $\Delta l_{\min}$  достичь разрешения целей в группе удается при

$$\omega_{ЛВТ} = \frac{\lambda_0}{2\Delta l_{\min}} \Delta F_{\Phi} \quad (8)$$

Сравнивая (5), (6) с (1), (4), находим

$$x_T = \omega_{ЛВТ} = \frac{\lambda_0}{2\Delta l_{\min}} \Delta F_{\Phi}, \quad x_y = \omega_r, \quad (9)$$

$$Q = q_{\omega}, \quad K = k_j, \quad B_y = -1 / D; \quad u_j = j_r - j_{цг}. \quad (10)$$

Подставив (9) и (10) в (3), получим зависимость

$$u_{jr} = \frac{q_{\omega}}{k_j \dot{D}} (\omega_r - \omega_{гТ}), \quad (11)$$

где  $a$  – это величина обеспечивающая минимум функционала качества

$$\frac{q_{\omega}}{k_j} = a$$

Подставляя (11) в (5) и решая уравнение относительно  $\omega_r$  получаем

$$u_{jr} = N_0 V_{сб} \omega_r + \frac{a}{2\dot{D}} \omega_{гТ}, \quad (12)$$

Принимая во внимание выводы теоремы статистической эквивалентности, на основе (10) запишем закон наведения

$$j_{гТ} = N_0 V_{сб} \omega_r + \frac{q_{\omega}}{2k_j \dot{D}} \frac{\lambda_0}{2\Delta l_{\min}} \Delta F_{стр} + j_{цг}, \quad (13)$$

Выражение (13) представляет собой один из вариантов метода пропорционального наведения со смещением

$$\omega_{см} = \frac{q_{\omega}}{8k_j \dot{D}^2} \frac{\lambda_0}{2\Delta l_{\min}} \Delta F_{стр}, \quad (14)$$

Угловая скорость смещения, формируется прямо пропорционально ширине узкополосного фильтра  $\Delta F_{\Phi}$  и обратно пропорционально требуемому линейному разрешению  $\Delta l_{\min}$ . При этом, чем выше требования по разрешению при отсутствии жестких ограничений на энергозатраты, тем выше значение  $\omega_{см}$  и больше искривляется траектория ЛА.

Алгоритм траекторного управления для этого метода наведения, обусловленный несоответствием требуемых и текущих значений ускорений, определяется как

$$\Delta = j_{бт} - j_{б} = N_0 V_{сб} \omega_r + \frac{q_{\omega} \lambda_0}{2k_j D} \frac{\Delta F_{стр}}{2\Delta l_{min}} + j_{цб} - j_{б}, \quad (15)$$

Скорость сближения  $V_{сб}$  оказывает существенное влияние на  $\omega_{см}$ , тем самым обеспечивается устойчивость и точность наведения ЛА на различных ракурсах атаки.

**Список литературы:**

1. Радиосистемы передачи информации: Учебное пособие для вузов / В.А. Васин [и др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 248 с.
2. Системы связи, (учебное пособие) для студентов (курсантов) вузов / Г.И. Захаренко [и др.] ; под общ. ред. С.И. Макаренко. – Воронеж, 2011. – 231 с.
3. Меркулов В.И., Лепин В.Н. Авиационные системы радиоуправления // Часть 1. Теоретические основы синтеза и анализа авиационных систем радиоуправления. Часть 2. Радиоэлектронные системы самонаведения. – М. : Радио и связь, 1996. – 235 с.
4. Культурмиди К.П., Захаренко Д.Г. Многофункциональная РЛС на основе активной фазированной антенной решетки // Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященных 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос / КВВАУЛ. – 2021. – С. 134–137.



УДК 620.179.17

**ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ МЕТОД  
ДИАГНОСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ В БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ**



**A PROMISING ACOUSTIC-EMISSION DIAGNOSTIC METHOD  
FOR COMPOSITE MATERIALS USED IN UNMANNED AERIAL VEHICLES**

**Самуйлов А.О.**

адъюнкт,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Черепанов И.С.**

курсант,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Могир А.М.**

ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Аннотация.** В работе представлены композиционные материалы, применяемые в беспилотных летательных аппаратах. Приведена методика проведения контроля композиционных материалов акустико-эмиссионным методом неразрушающего контроля. Данная статья рекомендована специалистам, занимающимся неразрушающим контролем.

**Ключевые слова:** композиционный материал, неразрушающий контроль, акустико-эмиссионный метод, теневой метод, углепластик.

**Samoilov A.O.**

Postgraduate Student,  
VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

**Cherepanov I.S.**

Cadet,  
VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

**Mogir A.M.**

VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

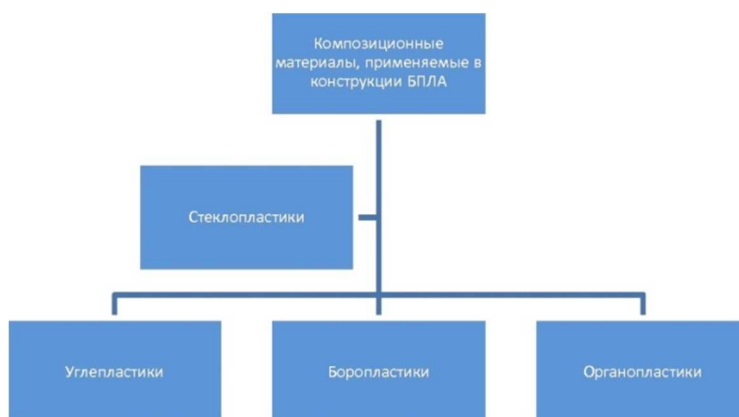
**Annotation.** The paper presents composite materials used in unmanned aerial vehicles. The method of control of composite materials by acoustic emission method of non-destructive testing is given. This article is recommended to specialists engaged in non-destructive testing.

**Keywords:** composite material, non-destructive testing, acoustic emission method, shadow method, carbon fiber.

**В** настоящее время используется широкий спектр беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). К ним относят:

- С-70 «Охотник» – тяжелый ударный БПЛА компании «Сухой»;
- Орион – средневысотный БПЛА разработки компании «Кронштадт»;
- «Орлан-10» – многофункциональный БПЛА, предназначенный для ведения разведки. Разработан предприятием «Специальный технологический центр».

Содержание композиционных материалов (КМ) в БПЛА более 25 %. Это обосновано высоким физико-механическим свойствам и уменьшение массы всей конструкции [1, 2]. Номенклатура применяемых КМ обширна (рис. 1):



**Рисунок 1** – Номенклатура КМ, применяемых в авиастроении

Стеклопластики – высокопрочные КМ, широко используемые в изделиях авиационной техники. Стеклопластики представляют композицию, состоящую из полимерной матрицы и стекловолоконного наполнителя. Основные представители: КАСТ-В листовой, ВФТ-С, СТ-911, СК-9ФА. Физико-механические свойства стеклопластиков:

- плотность ( $\rho$ ): 1,65–1,95 г/см<sup>3</sup>;
- предел прочности ( $\sigma_{\text{в}}$ ): 307–500 Мпа;
- температура размягчения ( $T_p$ ) – 250 °С.

Углепластики – КМ, состоящие из полимерного связующего и упрочнителей в виде углеродных волокон. Связующие служат синтетические полимеры. Примеры углепластиков: КМУ-1, КМУ-1У, КМУ-1В. Основные свойства углепластиков:

- ( $\rho$ ): 1,0–1,5 г/см<sup>3</sup>;
- предел при растяжении ( $\sigma_{\text{раст}}$ ): 700–1000 Мпа;
- предел при сжатии ( $\sigma_{\text{сжат}}$ ): 250–600 Мпа;
- предел при изгибе ( $\sigma_{\text{изгиб}}$ ): 800–1100 Мпа;
- предел при сдвиге ( $\sigma_{\text{сдвиг}}$ ): 30–45 Мпа;
- модуль упругости при растяжении ( $E_{\text{раст}}$ ): 140–180 Мпа;
- модуль упругости при изгибе ( $E_{\text{изгиб}}$ ): 145–180 Мпа;
- модуль упругости при сдвиге ( $E_{\text{сдвиг}}$ ): 3,5–5 Мпа;
- рабочая температура ( $T_{\text{раб}}$ ): 150–200 °С.

Боропластики представляют композиции, состоящие из полимерного связующего и упрочнителя – борных волокон. Боропластики отличаются высокой прочностью при сжатии и срезе, высокой твердостью и модулем упругости. Основные представители: КМБ-1, КМБ-1М, КМБ-2К.

Органопластики – самые легкие из КМ, обладающие высокой прочностью при растяжении при достаточно высокой прочности. Основные органопластики: 5Т, 7Т, 9Т.

Представленный спектр КМ, используемых в конструкции БПЛА требует постоянного технического диагностирования методами неразрушающего контроля (НК) (рис. 2).

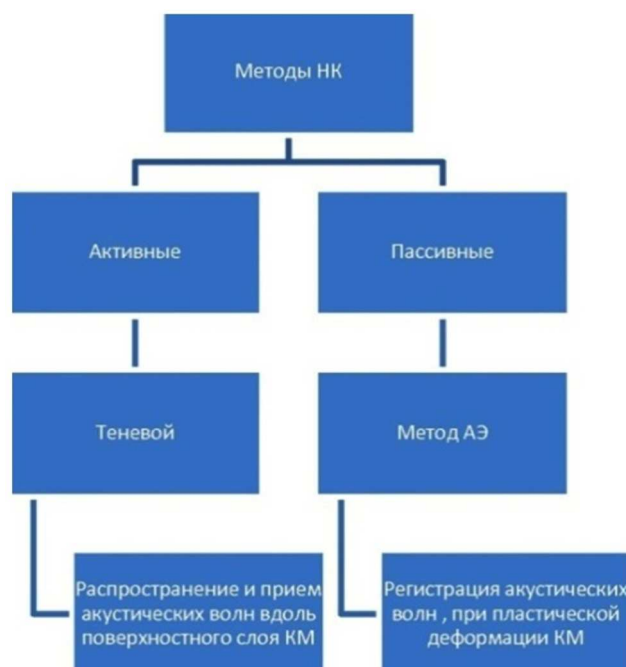


Рисунок 2 – Классификация методов НК

Теневой метод НК основан на излучение и регистрации волн, распространяемых на поверхностном слое КМ. Происходит установка пьезодатчиков на структуру КМ с верхней и нижней стороны. Формула 1, оценивающая состояние КМ теневым методом:

$$\frac{A_{\text{деф}}}{A_{\text{добр}}} = \frac{U_{\text{деф}}}{U_{\text{добр}}}, \quad (1)$$

где  $A_{\text{деф}}$  – амплитуда сигнала в дефектной зоне КМ;  $A_{\text{добр}}$  – амплитуда сигнала в доброкачественной зоне КМ;  $U_{\text{деф}}$  – электрический сигнал в дефектной зоне КМ;  $U_{\text{добр}}$  – электрический сигнал в доброкачественной зоне КМ.

Если дефект КМ имеет большой размер, то выражение  $\frac{U_{\text{деф}}}{U_{\text{добр}}}$  стремится к нулю, если малый размер, то  $\frac{U_{\text{деф}}}{U_{\text{добр}}}$  стремится к единице.

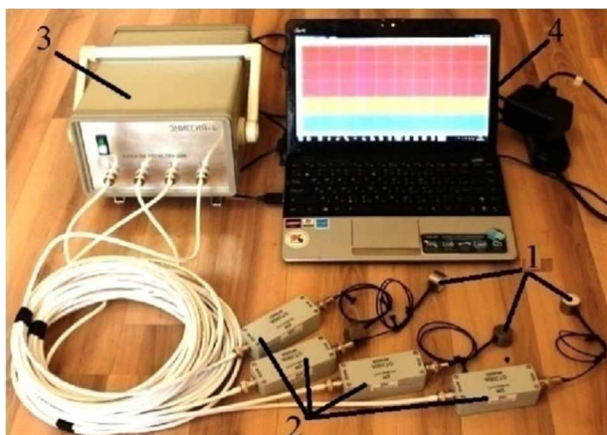
Аппаратура для проведения ультразвукового контроля КМ: УСД-46, УД2-140, УСД-50.

На ультразвуковой метод оказывает сильное влияние неоднородность структуры КМ, тогда как для метода АЭ данные свойства материала не имеют существенного значения.

Акустико-эмиссионный метод основан на регистрации акустических волн, излучающих при пластической деформации КМ [3, 4]. К основным особенностям данного метода относят:

- комплексный характер исследования КМ;
- идентификация развивающихся дефектов КМ;
- интегральность проведения метода контроля КМ путем использования нескольких преобразователей;
- дистанционный контроль КМ;
- выявляемость дефекта КМ не зависит от его формы.

Для проведения АЭ метода используется аппаратно-программный комплекс (рис. 3):



**Рисунок 3** – Аппаратно-программный комплекс акустико-эмиссионной диагностики :

- 1 – высокочувствительный пьезоэлектрический датчик GT-300;
- 2 – предусилители виброакустического сигнала; 3 – аналого-цифровой преобразователь;
- 4 – ПЭВМ для обработки данных

На рисунке 4 приведена методика осуществления контроля КМ АЭ методом контроля.

Первоначально на ОК производят установку пьезодатчиков GT-300, предварительно установив контактную среду между КМ и пьезодатчиком. На втором этапе производится проверка работоспособности АЭ каналов. Третий этап – нагружение КМ путем растяжения на разрывной машине РМ-1. Четвертый этап – регистрация аналого-цифровым преобразователем сигналов КМ и передача данных на ПЭВМ. Пятый этап – анализ информативных параметров АЭ с параметрами нагружения. Шестой – определение формы, размеры дефекта.

Оценка технического состояния композиционных материалов, применяемых в беспилотных летательных аппаратах необходим для предотвращения возникновения дефектов различных форм. Метод акустической эмиссии способен обнаружить и идентифицировать развитие дефектов КМ в независимости от его формы и расположения.



Рисунок 4 – Методика проведения АЭ контроля КМ

#### Список литературы:

1. Андриевский Р.Л., Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М. : Академия, 2005. – 192 с.
2. Гаршин А.П., Шумячер В.М., Пушкарев О.И. Новые конструкционные материалы на основе карбида кремния: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. – 2-е изд., испр. и доп. – М., 2019.– 182 с.
3. Попов А.В., Кондрашин Е.А. Метод контроля прочности силовых элементов конструкций на основе оценки численно-временных характеристик АЭ процессов // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 7. – С. 45–47.
4. Попов А.В., Жумай В.Э. Определение прочностных характеристик конструкций на основе амплитудных инвариантов акустико-эмиссионных процессов // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 10. – С. 29–32.

УДК 614.8

**КОМПЕТЕНТНОСТЬ КУРСАНТОВ ВОЕННОГО ВУЗА В ДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ И ПО ОКАЗАНИЮ  
ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ**



**COMPETENCE OF MILITARY UNIVERSITY CADETS  
IN EMERGENCY SITUATIONS AND FIRST AID TO VICTIMS**

**Бабаян А.Л.**

кандидат химических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Безрук М.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В работе проведён анализ компетентности курсантов военного вуза в действиях в чрезвычайных ситуациях различного характера, а также по оказанию первой помощи пострадавшим. Определены степень компетентности обучающихся в процессе изучения учебных дисциплин и правильность формирования алгоритма действий при возникновении ЧС различного характера, а также порядка действий при оказании первой помощи пострадавшим.

**Ключевые слова:** компетентность, чрезвычайные ситуации, оказание первой помощи.

**Babayan A.L.**

PhD in Chemical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Bezruk M.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes the competence of military university cadets in emergency situations of various types, as well as first aid to victims. The degree of competence of students in the process of studying academic disciplines and the correctness of the formation of an algorithm of actions in the event of an emergency of various types, as well as the procedure for first aid to victims, are determined.

**Keywords:** competence, emergency situations, first aid.

**В** исследовании приняли участие 177 курсантов 1–3 курсов 1 факультета авиационного (базовой подготовки), из них 44 курсанта женского пола. Результаты исследования показаны в таблице 1.

Как показало исследование, курсанты компетентны в действиях при чрезвычайных ситуациях природного характера лучше, чем при чрезвычайных ситуациях техногенного характера.

Отдельно нужно разобрать компетентность курсантов в оказании первой помощи пострадавшим. Результаты анализа этого блока исследования показали, что курсанты в достаточной мере компетентны в действиях по оказанию первой помощи пострадавшим.

Таким образом, проанализировав данные можно констатировать то, что уровень компетентности курсантов 1 курса о действиях при чрезвычайных ситуациях, как природного, так и техногенного характера, а также по оказанию первой помощи пострадавшим на 3,1 % выше, чем у курсантов 2 и 3 курсов. Необходимо в преподавании курса по безопасности жизнедеятельности уделять дополнительное внимание характеристикам техногенных катастроф, использовать новые методы преподавания, связанные с повышением уровня «безопасного» поведения курсантов в чрезвычайных ситуациях, а также в разделе медицинское обеспечение уделять внимание способам оказания первой помощи пострадавшим.

Действия чрезвычайных факторов природного и техногенного характера зачастую нарушают привычную жизнь населения на определенной территории. Чрезвычайные ситуации (ЧС) создают значительные трудности в осуществлении профессиональных задач, негативно действуют на принятие решений, требуют психологической стабильности, специальной подготовки и знания как действовать при данных условиях [2, 4].

Наряду с выработкой умения не растеряться в сложных жизненных ситуациях, которые возможно развить в близких к чрезвычайным условиям, важную профилактическую значимость имеют не только профессиональные знания, навыки и компетентность, но и нравственно-волевые качества людей [3, 4].

**Таблица 1** – Компетентность курсантов в действиях при чрезвычайных ситуациях различного характера

курс	1 курс		2 курс		3 курс	
	юноши	девушки	юноши	девушки	юноши	девушки
действия при ЧС природного характера	77,2 %	78,0 %	66,6 %	80,7 %	75,0 %	78,0 %
	77,4 %		69,8 %		75,9 %	
	74,3 %					
действия при ЧС техногенного характера	64,4 %	75,3 %	66,6 %	62,1 %	60,3 %	65,3 %
	66,9 %		65,6 %		61,7 %	
	65,0%					
действия по оказанию первой помощи пострадавшим	61,4 %	64,7 %	66,6 %	45,0 %	59,7 %	59,3 %
	62,1 %		61,6 %		59,6 %	
	61,2 %					
по курсам (общее)	68,8 %		65,7 %		65,7 %	

Принятие правильного, обдуманного решения в кризисной обстановке содержит в себе умение логически мыслить и интуитивно оценивать сложившуюся ситуацию, выбирать решения в нестандартной (критической) обстановке. Положительный результат не всегда удается получить, действуя и выполняя автоматически заученные приемы и способы, так как предугадать развитие конкретной ситуации заранее невозможно. Поэтому проблема улучшения процесса подготовки будущих офицеров к правильному поведению в ЧС является актуальной [1].

**Цель исследования:** определить уровень компетентности курсантов в действиях при ЧС различного характера в целях создания оптимального алгоритма действий при возникновении ЧС.

**Задачи:**

1. Разработать опросник (тесты) для курсантов о действиях при ЧС различного характера.
2. Провести опрос среди курсантов КВВАУЛ.
3. Провести анализ данные опроса.
4. Определить степень компетентности обучающихся в процессе изучения учебных дисциплин и правильность формирования алгоритма действий при возникновении ЧС различного характера, а также порядка действий при оказании первой помощи пострадавшим.

**Материалы и методы исследования:**

- Социологический метод (была составлена анкета, состоящая из 30 вопросов, разделенных на три раздела). Были опрошены 177 курсантов.
- Статистический метод (создание базы данных Microsoft Excel, использование экстенсивных показателей по курсам).
- Результаты исследования и их обсуждение.

Учебные дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и «Медицинское обеспечение» не решают специальных проблем безопасности, они призваны снабдить обучающихся опытом выживания в различных кризисных ситуациях и сформировать умение применить накопленные знания в постоянно меняющихся современных условиях жизнедеятельности, выработать идеологию безопасности, повысить культуру безопасности.

В результате анализа ответов на тестовые вопросы, было выявлено, что чаще всего курсанты выбирали неверную последовательность действий по следующим чрезвычайным ситуациям.

«Ваши действия при обморожении стопы», необходимо было выбрать ответ – наложить теплоизолирующую повязку. Так ответило 37,3 % всех курсантов, из них 50,7 % курсантов 1 курса, 6,5 % курсантов 2 курса и 56,8 % 3 курса. Все остальные, а это 62,7 % ответили неверно.

При обморожении конечности необходимо: согреть конечности, если на коже нет ранок или волдырей, то можно растереть покровы салфеткой или марлей смоченной в теплой воде, после всех этих манипуляций конечности следует вытереть насухо и сделать ватно-марлевую повязку, слой бинта или марли перекладывается слоем ваты – так повторить 2–3 раза, последний слой завернуть полиэтиленом и укутать конечность в теплое одеяло.

Именно на эти вопросы необходимо акцентировать внимание при составлении алгоритма действия при возникновении ЧС.

Также, в анкете были представлены и другие вопросы, касаемые ЧС природного и техногенного характера, а также действия по оказанию первой помощи пострадавшим, с которыми более 66 % обучаемых справились. Среди этих вопросов были: «Что следует делать при пожаре?», «Выберите действия, которые не нужно выполнять, если случился пожар», «Как действовать, если толчки землетрясения застали вас в многоэтажных зданиях?», «Чем опасна утечка газа?», «Какой из отработанных газов является опасным для жизни человека?», «Основным и наиболее опасным пути поступления вредных веществ в организм», «В каком порядке проводятся мероприятия первой помощи при ранении?», «Куда накладывается кровоостанавливающий жгут на конечность при кровотечении?» и т.д.

По результатам проведенного исследования, выяснилось, что у курсантов возникали трудности в вопросах как природного, так и техногенного характера. Учащиеся ВУЗа не знают, что, если толчки землетрясения застали вас в многоэтажных зданиях, не стоит выбегать на улицу. Ведь есть вероятность повторных толчков, и вы можете в этот момент оказаться на лестнице или в любом другом незащищенном месте. Поэтому при землетрясении необходимо найти безопасное место: у внутренней стены, в углу, во внутреннем стенном проеме или у несущей опоры [1].

При оказании первой помощи при обморожении нельзя резко погружать конечность в горячую воду, так как это может привести к ухудшению состояния поврежденного участка тела. Согревание пораженной части тела должно быть постепенным, медленным, преимущественно пассивным. Пострадавшему необходимо наложить на пораженную часть тела термоизолирующую ватно-марлевую повязку для кумуляции тепла и замедления внешнего согревания пораженного участка при обеспечении общего согревания организма.

Курсанты забывают, что при попадании химически опасных веществ в том числе кислот на кожу необходимо механически удалить химические вещества с тела пострадавшего, прежде всего сняв с него одежду. А при попадании этих веществ в организм нужно немедленно прополоскать рот, для того чтобы избежать ожоги полости рта [3].

Курсанты могут оказать первую помощь при ожогах, кровотечениях, отравление угарным газом, электротравме, так как в большая их часть ответили верно на эти вопросы. В Краснодарском крае не редко происходят природные катаклизмы (ураганы, наводнения, оползни). Курсанты Краснодарского ВВАУЛ могут правильно сориентироваться при возникновении ЧС природного характера.

**Выводы.** Как показало исследование, курсанты военного вуза компетентны о действиях при ЧС природного характера несколько лучше, чем при ЧС техногенного характера. Ключевой идеей дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» является положение о том, что для обеспечения личной, национальной, государственной и глобальной безопасности главенствующую роль играют не только знания человека об опасностях окружающего мира и способах защиты от них, сколько воспитание в человеке культуры безопасности жизнедеятельности. Необходимо в преподавании курса «Безопасность жизнедеятельности» и раздела «Медицинское обеспечение» уделять дополнительное внимание медико-тактической и медико-санитарной характеристике техногенных катастроф, для повышения уровня «безопасного» поведения курсантов в чрезвычайных ситуациях.

#### **Список литературы:**

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник / А.Л. Бабаян [и др.]. – Омск : ОФВАТТ, 2013. – 298 с.
2. Ефремов С.В., Цаплин В.В. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие. – СПб. : СПб ГАСУ, 2011. – 296 с.
3. Правила подготовки и поведения в чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.mchs.gov.ru/dop/info/individual>
4. Ястребов Г.С. Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф: учебное пособие / Под ред. Б.В. Кабарухин. – Ростов н/Д : Феникс, 2013. – С. 23–25.

УДК 620.179.17

**ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЛОПАТКИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ  
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**



**ANALYSIS OF METHODS FOR MONITORING  
THE STRESS-STRAIN STATE OF AIRCRAFT ENGINE BLADES**

**Карпенко О.Н.**

кандидат технических наук, доцент,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Черепанов И.С.**

курсант,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Самойленко В.Н.**

курсант,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
veselova.27@icloud.com

**Аннотация.** В работе представлена оценка напряженно-деформированного поверхностного слоя лопатки различными методами диагностирования.

**Ключевые слова:** авиационный двигатель, напряженно-деформированное состояние, методы диагностики, поверхностный слой, лазерный метод.

**Karpenko O.N.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
VUNC VVS «VVA»,  
veselova.27@icloud.com

**Cherepanov I.S.**

Cadet,  
VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

**Samoylenko V.N.**

Cadet,  
VUNC VVS «VVA»  
veselova.27@icloud.com

**Annotation.** The paper presents an assessment of the stress-strain surface layer of the blade by various diagnostic methods.

**Keywords:** aircraft engine, stress-strain state, diagnostic methods, surface layer, laser method.

Оеспечение высокой надёжности авиационной техники, возможно только при высоком качестве контроля технического состояния силовых элементов конструкций.

Главным элементом конструкции современного самолёта является газотурбинный двигатель (ГТД). Основными ответственными элементами, определяющими его ресурс, являются рабочие лопатки.

В процессе эксплуатации ГТД профильная часть пера и хвостовик лопаток, помимо растяжения и изгиба от центробежных сил, изгиба и кручения от газового потока, испытывают переменные напряжения от вибрационных нагрузок, амплитуда и частота которых изменяются в широких пределах.

На рисунке 1 на примере рабочей лопатки компрессора показана схема действующих нагрузок в используемой обычно системе координат. Ось  $x$  совпадает с осью вращения, положительное направление принято по потоку воздуха (газа). Ось  $r$  перпендикулярна оси вращения и проходит через центр тяжести корневого сечения лопатки (точка 0). Ось  $y$  перпендикулярна плоскости  $r_0x$ .

Следует отметить, что газодинамические силы распределены по поверхности пера неравномерно как по профилю лопатки, так и по высоте. Центробежные силы  $P_c$  приводят к появлению в лопатке напряжений и деформаций растяжения. Кроме того, они могут приводить к изгибу и кручению пера. Газодинамические силы  $P_r$  приводят к появлению в профильной части деформаций и напряжений изгиба и кручения.

Изучением процесса усталостного разрушения конструкций и влияния механических напряжений на качество изделий занимались ведущие учёные, как в России, так и за рубежом. Установлено, что трещины усталости образуются преимущественно на поверхности независимо от того, связан способ нагружения с высокими поверхностными напряжениями (например, изгиб и кручение) или нет.



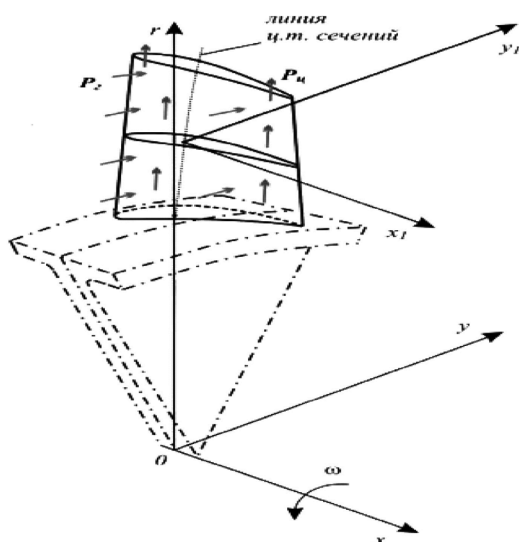


Рисунок 1 – Схема нагружения рабочей лопатки компрессора

Поверхностный слой лопаток испытывает значительные механические напряжения, в нём возникают эксплуатационные дефекты от воздействия окружающей среды, накапливаются необратимые усталостные изменения, ведущие к снижению прочности, возникновению и развитию усталостных трещин и других повреждений.

В настоящее время широко применяются методы поверхностно-пластического деформирования (ППД), которые приводят к увеличению твердости поверхностного слоя, наведению в нём остаточных напряжений сжатия 1-го рода, а большинство из них и к уменьшению пористости и шероховатости. При этом необходимо определять величины наведенных остаточных напряжений в поверхностном слое лопаток ГТД.

Если величина остаточных напряжений наведенных методами ППД превысит предел прочности материала, то в поверхностном слое возникнут трещины, а также может произойти коробление, величина которого может превысить поле допуска на точность формы или взаимного расположения поверхностей.

Если остаточные напряжения ниже предела прочности материала, то видимых изменений не произойдет. При этом, если эксплуатационные нагрузки совпадут со знаком остаточных напряжений и их сумма будет выше величины допустимых напряжений, то лопатка может разрушиться при нагрузках ниже запланированных, что чрезвычайно опасно.

Существующие методы и средства диагностирования НДС по аналогии с методами дефектоскопии классифицируются как разрушающие и неразрушающие.

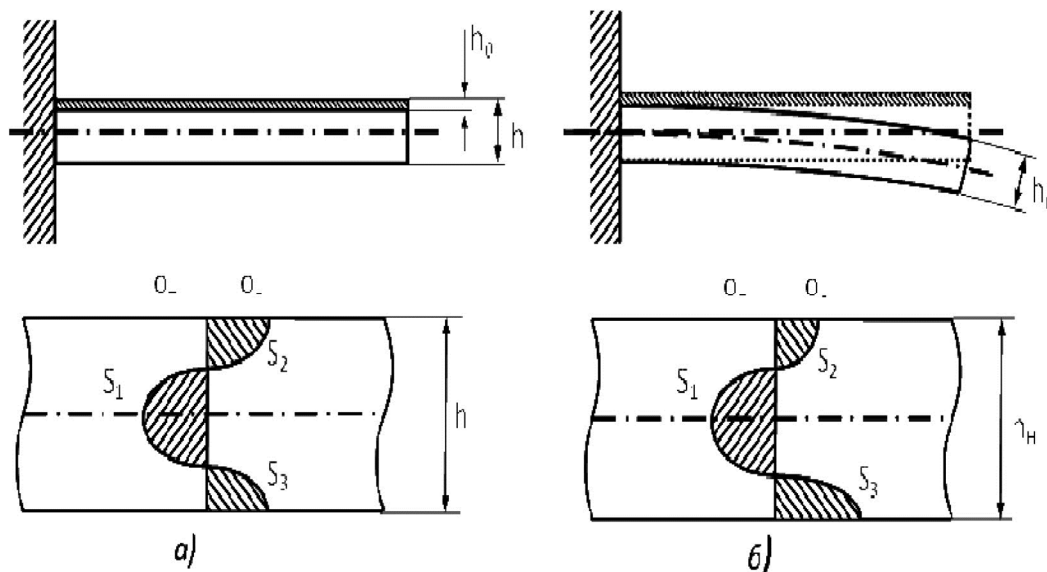
Рассмотрим возможность применения наиболее известных методов контроля напряженно-деформированного состояния материала для оценки остаточных напряжений в лопатках ГТД.

### Метод Н.Н. Давиденкова

Метод Н.Н. Давиденкова основан на измерении деформации исследуемого образца или детали, возникающей при разгрузке. Разгрузка достигается за счёт удаления напряженных слоёв путем стравливания при погружении исследуемого образца в ванну с электролитом. Травление образца производится с одной стороны исследуемой поверхности, остальная часть образца закрывается от действия электролита слоем лака, воска и т.д.

До начала травления, эпюра остаточных напряжений по глубине материала исследуемого образца находится в уравновешенном состоянии как показано на рисунке 2, а. В процессе стравливания слоёв происходит нарушение равновесия, в результате чего образец деформируется в произвольном направлении (получает стрелу прогиба), а остаточные напряжения по глубине образца переходят в новое равновесное состояние, рисунок 2, б.

По величине получаемой деформации для оставшейся части исследуемого образца с изменением глубины залегания исследуемых слоёв материала производится численный расчёт остаточных напряжений.



**Рисунок 2** – Исследуемый образец и его эпюра напряжений :

а) исследуемый образец и его эпюра напряжений до начала травления;

б) исследуемый образец и его эпюра напряжений после травления.

$h$  – начальная толщина образца;  $h_0$  – удаленный слой образца в процессе травления;

$h_n$  – толщина образца после травления;  $S_1$  – площадь растягивающих  $\sigma_+$  напряжений;

$S_2, S_3$  – площадь сжимающих  $\sigma_-$  напряжений

При рассмотрении возможностей метода Н.Н. Давиденкова были выявлены следующие особенности. Метод достаточно прост, надёжен и производителен. В силу своей простоты и достоверности часто используется как арбитражный метод для сравнительной оценки возможности неразрушающих методов по измерению остаточных напряжений.

Недостатком метода Н.Н. Давиденкова является невозможность определения напряжений в деталях сложной формы, в малых объектах и в отдельных труднодоступных участках. Метод Давиденкова не применим для оценки остаточных напряжений в лопатках ГТД ВН в связи с необходимостью разрушения детали для измерения напряжённо-деформированного состояния.

### Тензометрирование

Наиболее распространённые методы тензометрирования используют в работе электрические тензометры и преобразователи. Их действие основано на изменении параметров электрической цепи тензометра (сопротивления, ёмкости или индуктивности) или генерирования электрических сигналов в соответствии с измеряемой деформацией[1].

При рассмотрении возможности применения метода для оценки остаточных напряжений в лопатках ГТДВН выявлены следующие особенности. Из всего многообразия тензометров (механических, пневматических, гидравлических и т.д.) наибольшее распространение получили проволочные тензорезисторы (датчики сопротивления). Определение НДС с помощью тензорезисторов основано на изменении электрического сопротивления материала при его деформации [2, 3].

Недостатками, исключающими применение данного метода для оценки остаточных напряжений в лопатках ГТД ВН, является то, что измерения можно проводить, лишь на слабо нагреваемых участках, так же не учитываются ранее накопленные  $\sigma_{ост}$ . Точность измерения зависит от целого ряда трудно учитываемых факторов: окружающей среды, влажности, колебаний температуры образца, изменения во времени физико-механических свойств клеевого соединения, сползания клея под нагрузкой и др.

### **Поляризационно-оптический метод**

Поляризационно-оптический метод исследования напряжений позволяет находить поля деформаций и напряжений с применением плоских или объёмных прозрачных моделей, выполненных подобными по форме и нагрузке исследуемой детали или узлу конструкции и просвечиваемых поляризованным светом [4].

При рассмотрении возможности оценки остаточных напряжений в лопатках ГТД этим методом установлено, что метод позволяет находить поля деформаций и напряжений с применением плоских или объёмных прозрачных моделей. Многие оптически прозрачные материалы (эпоксидные смолы, полиуретаны, органическое стекло и т.д.), изотропные в обычных условиях, становятся анизотропными после механического нагружения [4].

При прохождении света в них возникает двойное лучепреломление, величина которого характеризует степень напряжённого состояния контролируемого объекта [3, 4].

Достоинством метода является возможность получения поля напряжений по сечениям и внутри объёма модели, а также наглядность метода и простота измерений. По измеренным напряжениям в упругой модели по формулам подобия подсчитываются напряжения в натурной конструкции.

Недостатком метода является сложность проведения исследований в объёмных деталях и определения главных напряжений внутри модели.

Поляризационно-оптический метод не применим для оценки остаточных напряжений в лопатках ГТДВН. Метод связан с проблемой создания материалов, обладающих определённым комплексом оптико-механических свойств.

### **Метод хрупких покрытий**

Суть метода заключается в наблюдении трещин, образующихся при нагрузке или разгрузке детали в тонком слое хрупкого покрытия, предварительно нанесённого на исследуемую поверхность. В качестве применяемого хрупкого покрытия используются покрытия, выполненные на канифольной основе, оксидные, эмалевые и т.д. [5].

При рассмотрении возможности применения метода хрупких покрытий выявлены следующие особенности. Метод обеспечивает простой и непосредственный анализ большого класса различных практических задач, где не требуется высокая точность [3].

Данным методом исследуются наиболее напряжённые области на поверхности детали при приложении к ним статической или динамической нагрузки и определяются траектории главных нормальных напряжений. Наблюдаемая картина трещин даёт общее представление о напряжённом состоянии на поверхности детали [6].

Основными преимуществами метода являются простота и доступность, возможность исследования натуральных объектов, сравнительная простота обработки первичных данных и получение информации о величине и направлении главных напряжений по всему полю больших поверхностей.

К недостаткам следует отнести существенное влияние условий проведения эксперимента (температура, влажность, толщина покрытия, история нагружения и т.д.) на точность конечного результата.

Кроме того, достоверность результатов в значительной мере связана с квалификацией и интуицией экспериментатора [3].

Данный метод не применим для оценки остаточных напряжений в лопатках ГТД ВН в виду низкой точности при количественных определениях деформаций и напряжений.

### **Метод оптически чувствительных покрытий**

Метод оптически-чувствительных покрытий является одной из разновидностей поляризационно-оптического метода и позволяет наблюдать распределение напряжений в реальных деталях под нагрузкой. При этом измеряются разности главных деформаций и их направления. Метод более прост и удобен, чем исследования на прозрачных моделях, но измерения можно проводить только на поверхности, доступной для наблюдения [5].

Метод основан на том, что тонкое покрытие из оптически чувствительного материала, монолитно закреплённое на детали, деформируясь вместе с её поверхностью, становится двояко лучепреломляющим. Степень двойного лучепреломления связана с разностью главных деформаций покрытий. При этом, вследствие монолитного соединения оптически чувствительного слоя с поверхностью детали, главные деформации поверхности детали одинаковы с главными деформациями в оптически чувствительном покрытии.

При наблюдении через отражательный полярископ поверхности детали с нанесённым на неё покрытием, видна картина распределения деформаций в виде чёрных и цветных полос интерференции, соответствующих разности главных деформаций.

Проведённый анализ возможностей традиционных методов контроля напряжённо-деформированного состояния показывает, что, несмотря на актуальность, существующие методы не дают возможности получить распределение механических напряжений по всему объёму напряжённого тела при трехосном напряжённом состоянии. Причиной тому является очень слабое влияние остаточных напряжений на изменение упругих и теплофизических свойств напряжённой среды.

Именно это не позволяет применять большинство существующих методов для оценки остаточных напряжений в лопатках ГТД.

Таким образом, необходима разработка новых перспективных методов, которые бы сочетали преимущества разрушающих методов (высокую надёжность, возможность определения распределения напряжённо-деформированного состояния по глубине от поверхности) с неразрушающим принципом действия при высокой точности измерения.

### Список литературы:

1. Леонтьев М.К. Тензометрирование в авиационных газотурбинных двигателях: учебное пособие. – М. : Изд-во МАИ, 2000. – 36 с.
2. Белокур И.П., Коваленко В.А. Дефектоскопия материалов и изделий. – Киев : Техника, 1989. – 192 с.
3. Чиченев Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением. – М. : Металлургия, 1977. – 312 с.
4. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник в 2-х кн. Кн. 1 / под ред. проф. В.В. Клюева. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 488 с.
5. Пригоровский Н.И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений: справочник. – М. : Машиностроение, 1983. – 248 с.
6. Методы испытания, контроля и исследования машиностроительных материалов: справочное пособие. Т. 2 / под общ. ред. чл.-корр. АН СССР А.Т. Туманова. – М. : Машиностроение, 1974. – 320 с.

УДК 214.74

## ТУРБОВИНТОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ: ИХ НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ



### TURBOPROP ENGINES: THEIR PRESENT AND FUTURE

**Божко С.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
bsvinfo60@mail.ru

**Курбасов А.М.**

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
rx6da@mail.ru

**Харчевский Н.В.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
docnpo@mail.ru

**Аннотация.** В статье анализируются различные способы улучшения и оптимизации авиационных двигателей, рассматриваются некоторые направления улучшения характеристик и перспективы развития турбореактивных двигателей.

**Ключевые слова:** турбовинтовой двигатель, модификация летательных аппаратов и двигателей, улучшение характеристик, перспективы развития турбовинтовых двигателей.

**Bozhko S.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
bsvinfo60@mail.ru

**Kurbasov A.M.**

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
rx6da@mail.ru

**Kharchevskiy N.V.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
docnpo@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes various ways of improving and optimizing aircraft engines, discusses some areas of improving the characteristics and prospects for the development of turboprop engines.

**Keywords:** turboprop engines, modification of aircraft and engines, improving the performance of turboprop engines, prospects for the development of turboprop engines

**В** современной авиации турбовинтовой двигатель используется достаточно широко и эффективно. Турбовинтовой двигатель (рис. 1) является своего рода вентилятором с большим байпасом (это клапан перепускного типа, который позволяет сбросить излишнее давление воздуха во впускной системе турбированных двигателей), с коэффициентом  $100^{-1}$ . Только 10 % своей тяги он получает от реактивной турбины, а все остальное – от пропеллера. Низкий расход топлива объясняется именно высоким коэффициентом обхода.

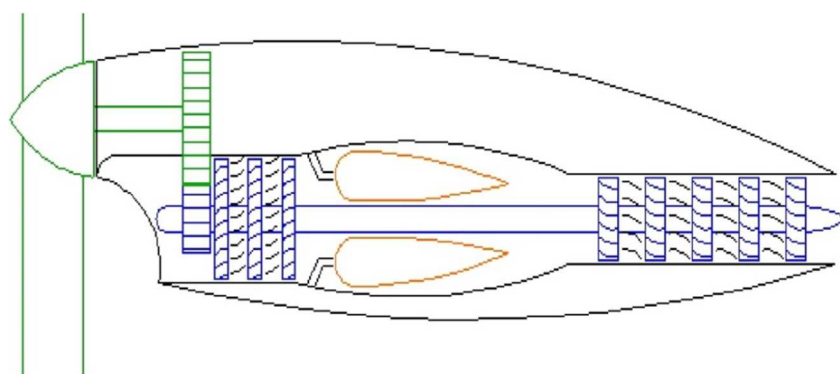


Рисунок 1 – Турбовинтовой двигатель, схема устройства

Требования, которые сейчас предъявляются к авиационным двигателям – это высокая надежность, минимальная масса, высокие эксплуатационные качества, топливная экономичность, высокий ресурс. Всеми этими качествами обладает ТВД, кроме скорости. Поэтому и используется там, где это не столь важно. Это дальняя авиация, малая межрегиональная авиация. В качестве примера – транспортный самолет Ан-22, оснащенный турбовинтовыми двигателями **НК-12МА** (рис. 2). Только в одном полете с командиром экипажа И. Давыдовым установил сразу 15 мировых рекордов в своем классе самолетов, а по грузоподъемности и дальности полета установлен 41 мировой рекорд.



Рисунок 2 – Транспортный самолет Ан-22

Не менее важна и экологичность этого вида двигателей.

Это значит, что данный вид двигателей является более безопасным для окружающей среды, а в современном мире с постоянной угрозой изменения климата и энергетических кризисов эта особенность очень актуальна. Цена топлива постоянно растет, и экономия его расхода – одна из составляющих частей работы конструирования новых авиационных двигателей.

Величина запаса топлива в баках самолета существенно влияет на его вес, а, следовательно, на скорость, маневренность и другие характеристики. Мечта всех пилотов – это быстрый, легко управляемый, могущий совершать взлет и посадку в различных условиях, бесшумный аппарат. Это, конечно, взгляд в будущее, но начальные показатели турбовинтовых двигателей дают массу инженерных вариантов и изысканий, чтобы приблизить эту цель.

Ни для кого не секрет, что в недалеком прошлом, да может быть и сейчас, существовала тенденция закупки иностранной авиатехники, а заказы отечественного авиапрома блокировались и не финансировались. Но, в наше время эта линия меняется. Это было очень заметно на выставке Армия-21. Наши возможности, наша техника завораживали, заставляли гордиться страной.

В некоторых образцах самолетов, представленных на выставке, были установлены как раз турбовинтовые двигатели, естественно с внесением различных новых изысканий. В настоящее время большое экономическое и стратегическое значение имеет улучшение транспортной доступности в районы Дальнего востока и Сибири.

Транспортные авиа средства с использованием экономичного и живучего двигателя будут и являются востребованными. Примером служит недавняя разработка авиационного двигателя на базе газотурбинного **ВК-800**, это новый **ВК-800С**. При условии внедрения новых технологических решений и технологии изготовления - это семейство двигателей будет незаменимо для авиации. Использование этих моторов в авиации делает доступными районы, лишенные нормальных аэродромов. Наши труженики **АН-12**, **АН-22** они незаменимы и для гражданских нужд, и для военно-транспортной авиации.

Экономичность по расходу топлива – это очень важное условие для небольших авиакомпаний, которые в основном обслуживают труднодоступные районы.

Естественно в военной авиации – это не является важнейшим условием. А зря, ведь это также и вес самолета. Большим плюсом является и долговечность, т.е. долгий срок службы самолетов, оснащенных турбовинтовыми двигателями. Но, к сожалению современная российская авиапромышленность пока не располагает возможностью выпуска современных, экономичных самолетов для местных авиалиний, а имеющийся авиапарк устарел или списан с эксплуатации.

Но поскольку спрос на авиаперевозки неуклонно растет, как и развивается наш рынок, то резко возрос спрос на воздушные суда. И это опять рынок западных авиакомпаний. Но и среди иностранных авиакомпаний спрос на турбовинтовые самолеты вырос, из-за их экономичности и практичности. Это компании **ATR** и **Bombardier, Boeing**.

12 мая 2016 года на совещании, которое было посвящено развитию Российской авиации, включая региональную, Владимир Путин сказал, что создание нашего самолета для связи и доставки пассажиров и грузов на Дальнем Востоке и в Восточной Сибири является выстраданной необходимостью. На эту программу выделено **50 млрд руб.**

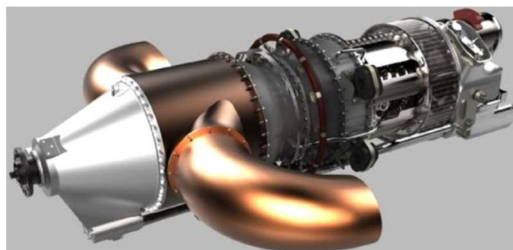
Все знают высказывание: «Новое – это давно забытое старое». Именно так и получается. За основу при разработке нужного варианта авиа-судна принят наш **Ил-114**. Конечно, этот самолет был подвергнут значительной конструктивной переработке и модернизации. Двигатель самолета разработан на базе турбовинтового двигателя **ТВ7-117СМ**. Он модифицирован введением новой цифровой АСУ, увеличен срок службы, качество ремонтнопригодности, технологичность эксплуатации.

В самом самолете также проведены значительные технические изменения.

**ИЛ-114-300** по степени безопасности, простоты и долговечности в эксплуатации будет превосходить зарубежные образцы, он также будет удобен и комфортен при перевозке пассажиров.

Хорошие новости и для всем нам известного **L-410**.

Как я уже упоминал, к запуску в производство на Уральском заводе ГА готов турбовинтовой двигатель **ВК-800С** (рис. 3).



**Рисунок 3** – Новый турбовинтовой двигатель ВК-800С для лёгких многоцелевых самолётов

Именно им будут оснащены самолеты **L-410UVP-E20** (рис. 4), кстати он изготавливается на этом же предприятии. Мотор **ВК-800С** является модификацией вертолетного двигателя ВК-800В. Он компактный, вес **около 140 кг**, мощность при взлете 900 л.с.

Самолет, оснащенный этим двигателем актуален для военного ведомства. Он может служить учебно-тренировочным для подготовки курсантов летных училищ, нам в том числе. С таким двигателем самолет может использоваться как спасательный, десантный, в условиях севера.



**Рисунок 4** – Самолет L-410UVP-E20

В таблице 1 представлены Характеристики модифицированного турбовинтового двигателя ВК-800С:

Таблица 1

Параметры	Величины параметров
Взлетная мощность, л.с.	812
Взлетная мощность, при ч/р л.с.	900
Расход топлива, кг/э л.с. ч	0,243
Масса, кг	140
Габариты, мм	1635/551/642
Ресурс	3000 на этс

Не менее известен у нас и за рубежом наш знаменитый самолет «**Медведь**». Это **Ту-95 МС**, российский турбовинтовой бомбардировщик-ракетоносец стратегического назначения. На этом самолете такого класса впервые в мире были установлены турбовинтовые двигатели **НК-12М**. Этот двигатель по ресурсному запасу превосходил все аналоги в 10 раз. Сейчас это **НК-12МПМ**. Двигатель выполнен с винтами из отечественных композитных материалов. По сравнению со своим предшественником он имеет больший крутящий момент. Это было достигнуто без изменения массы двигателя, за счет системы двойных шестерней редуктора. Это уменьшило напряжение в ступице, что позволило увеличить величину крутящего момента. В модифицированном варианте снижен расход топлива, применены новые приводы для более мощных генераторов, увеличена скорость, ресурс, дальность и грузоподъемность, а также уменьшен вдвое уровень вибрации.

Даже сейчас самолеты, оснащенные этим двигателем самые быстрые из винтовых самолетов. **Мощность его 15000 л.с.**

В настоящее время модернизированные **Ту-95МС** являются значительной частью российской военной авиации (рис. 5).



**Рисунок 5** – Ту-95МС – Российский турбовинтовой стратегический бомбардировщик-ракетоносец

Для модернизированного самолета **Ил-114-300** разрабатывается турбовинтовой двигатель со свободной турбиной **ТВ7-117СТ-01**. Эта разработка ведется по специальной государственной программе «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» Также этот двигатель будет поставляться в Вооруженные силы для самолета **Ил-112В**.



**Рисунок 6** – Турбовинтовой двигатель **ТВД ТВ7-117СТ** на транспортном самолёте Ил-112В (30 марта 2021 г.)

Этот двигатель универсален в использовании для всех климатических условий: на суше, на море, в условиях Севера, при сильном тумане и влажности. Для сравнения приводится таблица 2 с данными характеристик двигателя до модернизации и после. Также указаны для сравнения некоторые данные американского аналога.



**Таблица 2**

Наименование ТХ	ТВ7-117СТ	ТВ7-117СТ-01	США СТ7-9В2
Чрезвычайный режим, мощность, л.с.	3600	3600	
Взлётный режим			
– мощность, л.с.	2900	3100	1950
– уд. расход топлива, г/л.с. час	200	200	
Крейсерский режим			
– мощность, л.с.	2000	2000	
– уд. расход топлива, (H = 6 км, V = 500 км/час, MCA) г/л.с. час	175	175	207
Габаритные размеры, мм			
– длина	2151	2151	
– максимальный диаметр	886	950	
Сухая асса, кг	510	510	
Удельная масса, М/Нвзл. кг/л.с.	0,160	0,160	
Ресурс межремонтный, ч (циклов)**	3875 (2500)	3875 (2500)	2000–6000
Ресурс назначенный, ч (циклов)**	7750 (5000)	7750 (5000)	

Повышение показателей мощности получено в результате использования новых материалов и проработке конструкции. Которая является модульной, что упрощает ремонт и позволяет его делать в условиях эксплуатации.

Все двигатели ТВ7-117СТ/СТ-01 изготовлены полностью из российских материалов и деталей.

В настоящее время проведена разработка двигателя **ТВ-500С**, мощность его от 630 до 770 л.с. (т.е. взлетная и термодинамическая). Он предполагается для использования в легких одно- и двухмоторных самолетах. По мощности он немного уступает зарубежным аналогам, но **более экономичен, меньше расход топлива и меньше по массе**. Расход топлива 0,26 кг/ л.с.ч, масса 190 кг.

Новшеством является то, что он выполнен по обратной схеме, т.е. непосредственно за редуктором воздушного винта, оснащен свободной турбиной, кольцевой проточной камерой сгорания, компрессор – одноступенчатый центробежный изготовлен из титана, корпусные детали выполнены из титана с керамическим покрытием. На рисунке 7 представлен ТВД ТВ-500С.

В настоящее время исходя из практики и опыта боевых задач возникла потребность в легких штурмовиках, оснащенных турбовиновыми двигателями. Они могут применяться как в борьбе с терроризмом и контрбандой, при партизанской войне, для патрулирования. Для подобных боевых самолетов турбовинтовой двигатель подходит по всем показателям – это способность посадки и взлета в трудных условиях, экономичность, более дешевой стоимостью полетного часа.

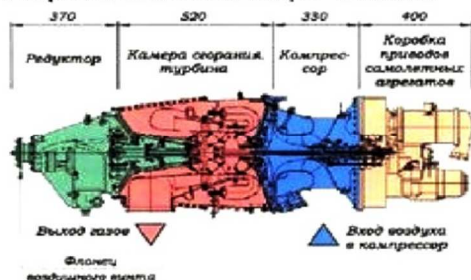
Наиболее эффективным считается метод модификации существующих летных средств и двигателей. Возможно, здесь стоит поработать над модификацией турбовинтового двигателя **ВК-800СП**, мощностью **900 л.с.** Он может подходить по своим параметрам для этих целей.

На состоявшейся в августе 2021 выставке МАКС-21 был представлен новый винтовой самолет **УТС-800**. В недалеком будущем именно он будет использоваться для обучения курсантов военных училищ. Это довольно простой в управлении, с современным оснащением самолет. Оснащен он будет новым турбовинтовым двигателем **ВК-800СП**, что делает его использование более экономичным, стоимость учебного летного часа составит **32 950** рублей.

При совмещении обучения на **УТС-800** и **Як-130** (на нем сейчас обучаются курсанты – это двухдвигательный турбореактивный самолет, дорогой в эксплуатации) общая стоимость обучения курсанта значительно уменьшится.

Также на МАКС-21 демонстрировался опытный образец регионального самолета **ТВРС-44**, с новейшим разработанным в России двигателем **ТВ7-117СТ-02**. В запуск этот двигатель возможно выйдет в 2025 году.

Разработчик: ФГУП «НЦПГ «Салют»



Применение: СМ-92Т, «Рысачок»...

Изготовитель: ФГУП «НЦПГ «Салют»

**Технические характеристики**

Взлетная мощность	630 л.с.
Удельный расход топлива	0,26 кг/л.с. ч
Ресурс назначенный	—
Масса	190 кг
Диаметр	506 мм
Длина	1630 мм

**Основные задачи**

При достаточном финансировании демонстратор может быть готов в 2014 году.

Ориентировочные затраты на ОКР – 750-800 млн.руб.

**Состояние проекта**

Проект

Разработана и выпущена РКД на двигатель

Изготовлен стенд для испытаний газогенератора.

Изготовлена материальная часть газогенератора и начаты его стендовые испытания.

Изготовлены установки и проводятся испытания узлов и систем двигателя.

Рисунок 7 – ТВД ТВ-500С

**ТВ7-117СТ-02** это инновационный проект двигателя ТВ7-117СТ-01, с улучшением показателей многих параметров. Взлетный режим предположительно 2400 л.с., значительно снижен расход топлива, введена замкнутая масляная система, установлен новый самолетный генератор с более высокой частотой вращения, благодаря чему снижен вес. Запуск – электрический, вместо воздушного, для этого устанавливается новый стартер-генератор. А также обновлены блок автоматического регулирования и контроля, обвязка и электросистема.

Все узлы крепления привязаны под подвеску на самолете, что облегчает ремонтно-эксплуатационное обслуживание.



Рисунок 8 – Опытный образец UTC-800

**Заключение**

Несмотря на все положительные качества турбовитновых двигателей, высокие скорости реактивных двигателей вытесняют этих трудолюбивых, надежных, недорогих работяг. Но в современном мире, когда экологичность, экономия энергоресурсов выхо-

дит на одну из главных позиций авиатехники, на эти двигатели снова стали обращать пристальное внимание. Ведь именно такими качествами они и обладают. В новых разработках **турбовентиляторных** двигателей, в частности **PW-1000G**, основой служит старый, испытанный турбовинтовой мотор.

В настоящее время ученые пытаются найти решение вопроса по созданию сверхзвуковых винтов, работающих без «эффекта запираания» и с минимальными потерями КПД при преодолении звукового барьера.

Надеемся, что в будущем турбовинтовые моторы займут достойное место в применении, а простор для инженерной мысли широкий.

#### Список литературы:

1. Божко С.В., Снетков Д.А., Терехов В.В. Направления улучшения и оптимизации авиационных двигателей // Сб. научных статей IX Международной НПК молодых ученых, посвященной 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 12–13.04.2019 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 312–317.
2. Божко С.В., Терехов В.В., Кирилова Е.А. Огненные моторы // Сб. научных статей XI Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 18–19 декабря 2020 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 222–225.
3. Божко С.В., Терехов В.В., Тылипцев М.О. Другое пятое поколение. Маневренность вместо незаметности // Сб. научных статей X Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 18–19 декабря 2019 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 183–188.
4. Божко С.В., Шевцов Ю.Д., Фадеев Е.Д. Методика определения температуры вспышки и щелочного запаса при оценке качества моторного масла // Сб. научных статей VIII Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 20–22 декабря 2017 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 409–411.
5. Божко С.В., Курбасов А.М., Харчевский Н.В. Роторный двигатель // Сб. научных статей XI Международной НПК молодых ученых, посвященной 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 13–15.04.2021 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 146–149.
6. Шарапов К.А., Божко С.В., Савченко М.М. Анализ парка учебных самолетов иностранного производства // Сборник научных статей II Международной НПК «Научный потенциал вуза – производству и образованию», посвященной 150-летию со дня рождения Б.Л. Розинга, 04–05 декабря 2019 года. – Армавир.
7. Иностранцы самолеты для начальной летной подготовки / С.В. Божко [и др.] // Сб. науч. статей X Международной НПК мол. ученых, посв 59-й год. полета Ю.А. Гагарина в космос 13–14 апреля 2020 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 80–84.

УДК 303.094.7

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОДОЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ДАЛЬНОГО ТЯЖЕЛОГО САМОЛЕТА



## MATHEMATICAL MODEL OF THE LONGITUDINAL SPATIAL MOTION OF A LONG-RANGE HEAVY AIRCRAFT

**Филатов В.К.**

курсант,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
valera\_pro\_cs@mail.ru

**Костин П.С.**

кандидат технических наук, доцент,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
texnnik@mail.ru

**Аннотация.** В статье излагается порядок построения имитационной математической модели дальнего тяжелого самолета.

**Ключевые слова:** математическая модель, динамика пространственного движения, Simulink-модель, продольный канал, аэродинамические характеристики.

**Filatov V.K.**

Cadet,  
VUNC VVS «VVA»  
valera\_pro\_cs@mail.ru

**Kostin P.S.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
VUNC VVS «VVA»  
texnnik@mail.ru

**Annotation.** The article describes the procedure for constructing a simulation mathematical model of a long-range heavy aircraft.

**Keywords:** mathematical model, dynamics of spatial motion, Simulink-model, longitudinal channel, aerodynamic performance.

Для изучения динамики движения самолета в целях определения его летно-технических характеристик, предельных режимов полета и характеристик устойчивости и управляемости необходимо проведение множественных натурных испытаний. Такие исследования являются ресурсозатратными, опасными, дорогими в финансовом отношении, а также требуют привлечения летного и технического состава. Создание и исследование динамики движения полунатурных имитационных моделей в прикладной программе Matlab@Simulink позволяет решить данную проблему.

В целях исследований была разработана модель динамики пространственного движения дальнего тяжелого самолета в продольном канале. Математическая модель представлена блок-схемой уравнений (рис. 1).

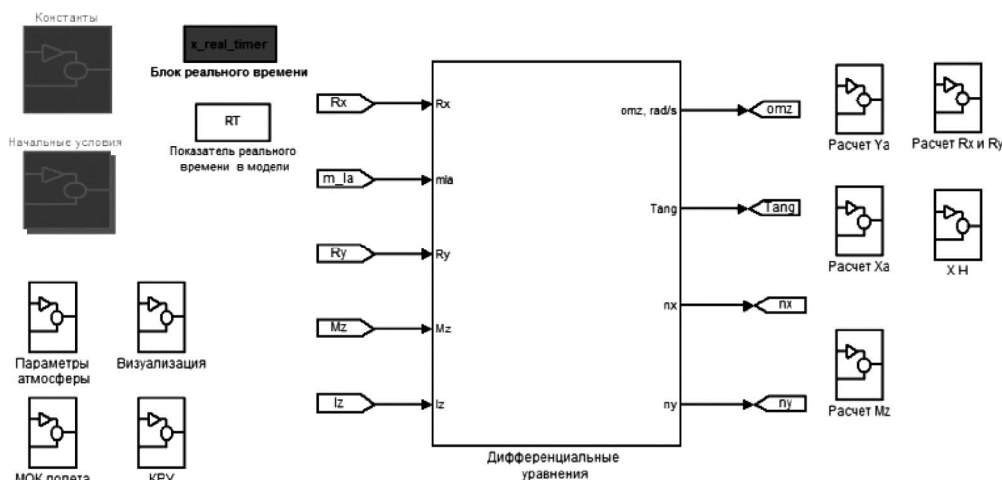


Рисунок 1 – Блок-схема математической модели динамики движения самолета

Которая включает в себя следующие блоки:

– констант и начальных условий (задаются начальные параметры полета и геометрические и инерционные характеристики модели самолета);

- параметров атмосферы; дифференциальных уравнений (система уравнений, описывающая пространственное движение модели);
- аэродинамических сил, проекций результирующей силы и моментов; расчета координат пространственного положения центра масс модели самолета;
- командных рычагов управления (включение джойстика для задачи сигналов отклонения рулевых поверхностей и режима работы СУ (РУД));
- реального времени (позволяет задавать скорость моделирования); материалы объективного контроля полета (запись изменения параметров полета во внешний файл);
- визуализации (позволяет представить траекторию движения и пространственное положение самолета в графическом виде).

Система дифференциальных уравнений, описывающая пространственное движение модели, представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{R_x}{m} + \omega_z V_y; \\ \frac{dV_y}{dt} = \frac{R_y}{m} - \omega_z V_x; \\ \frac{d\omega_z}{dt} = \frac{M_z}{I_z}. \end{cases} \quad (1)$$

Simulink-модель системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику продольного движения самолета представлена на рисунке 2.

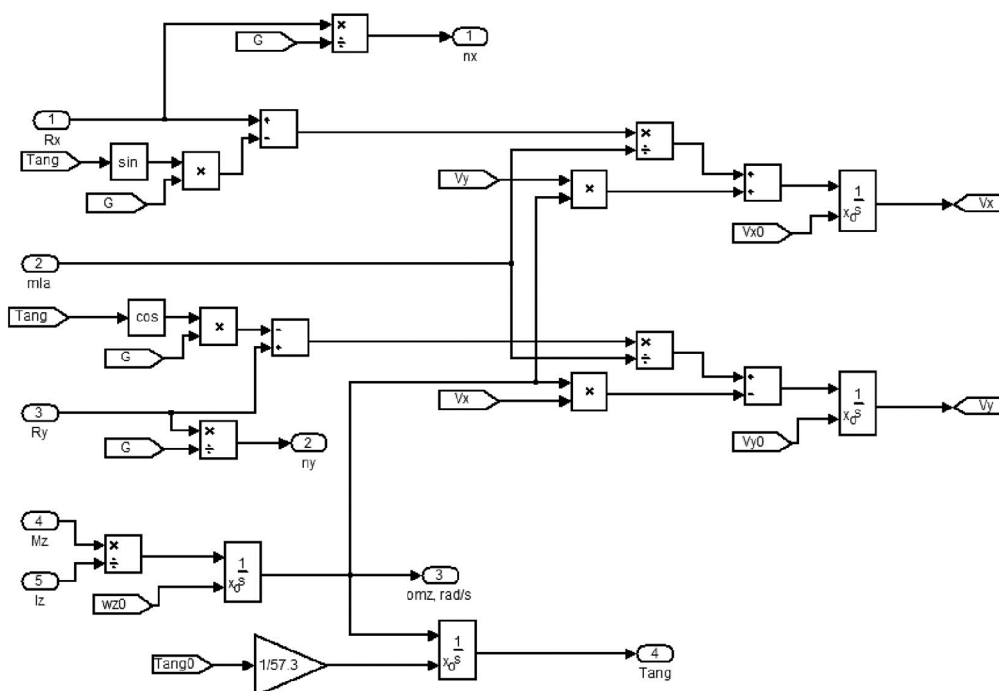


Рисунок 2 – Simulink-модель системы дифференциальных уравнений

Геометрические, массовые, аэродинамические и инерционные характеристики выбирались в соответствии с характеристиками типового дальнего тяжелого самолета.

Управляющие сигналы по отклонению стабилизатора и изменению тяги двигателей задаются с помощью джойстика, что позволяет пилотировать самолет на необходимых режимах работы силовой установки (рис. 3).

Для наглядного представления и последующего анализа результатов моделирования был создан блок визуализации, который включает в себя функциональные элементы визуализации Simulink-модели для построения траектории движения и отображения углового положения математической модели в пространстве в процессе моделирования (рис. 4, 5).

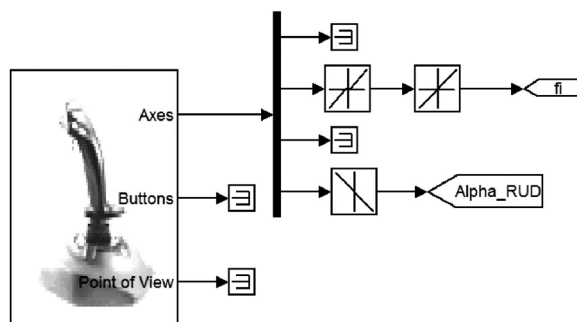


Рисунок 3 – Командный рычаг управления продольного канала и силовой установки

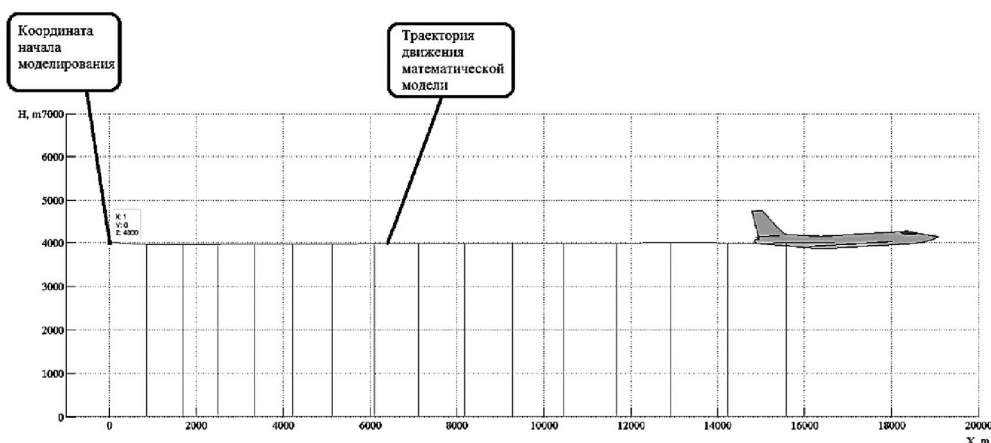


Рисунок 4 – Траектория движения математической модели

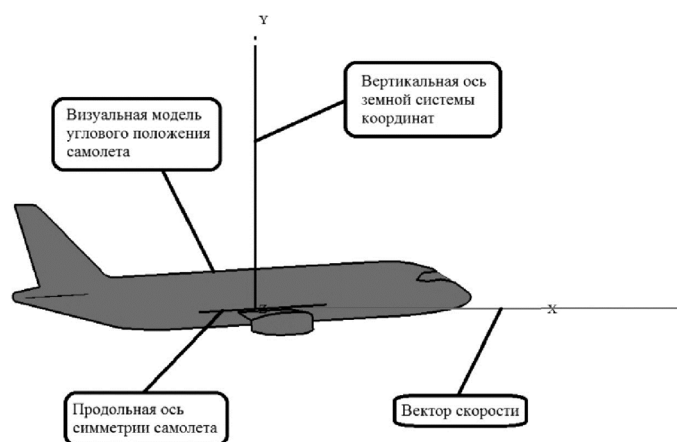


Рисунок 5 – Угловое положение математической модели

В целях анализа результатов моделирования и построения графиков изменения параметров модели в процессе моделирования, все значения записываются во внешний файл с помощью блока МОК.

Таким образом, для определения летно-технических характеристик, предельных режимов полета и характеристик устойчивости и управляемости была разработана имитационная модель динамики пространственного движения дальнего тяжелого самолета.

### Список литературы:

1. Лысенко Н.М. Динамика полета. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов. – типография ВВИА им. профессора Н.Е. Жуковского, 1967. – 640 с.
2. Дьяконов В.П. MATLAB 7.\*/R2006/R2007. Самоучитель. – М., 2008. – 768 с.
3. Системы управления летательных аппаратов / Д.В. Верещиков [и др.] // Полунатурное моделирование динамики самолетов с системой управления на пилотажных стендах: Учебное пособие. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2020. – 114 с.

УДК 378.146

**РАЗРАБОТКА ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
В КОМПЕТЕНТНОСТНОМ ФОРМАТЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**



**DEVELOPMENT OF A FUND OF EVALUATION TOOLS FOR AN ACADEMIC  
DISCIPLINE IN THE COMPETENCE FORMAT OF THE FEDERAL STATE  
EDUCATIONAL STANDARD OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION**

**Атрощенко В.А.**

доктор технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mil.ru

**Савицкий Ю.А.**

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mil.ru

**Чабров С.Е.**

кандидат технических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
chabrov\_s.e.@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена структура, значение и подходы к реализации фонда оценочных средств по учебной дисциплине в компетентностном формате федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

**Ключевые слова:** фонд оценочных средств, компетентностный подход, преподаватель, промежуточная аттестация, знания, рабочая программа, объект контроля.

**Atroschenko V.A.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mil.ru

**Savitsky Yu.A.**

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mil.ru

**Chabrov S.E.**

PhD in Technical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
chabrov\_s.e.@mail.ru

**Annotation.** The article considers the structure, significance and approaches to the implementation of the fund of evaluation funds for the academic discipline in the competence format of the federal state educational standard of higher professional education.

**Keywords:** fund of evaluation tools, competence approach, teacher, intermediate certification, knowledge, work program, object of control.

**Т**радиционная система оценки знаний обучаемых, базирующаяся на контроле в форме экзамена или зачета, в должной мере не стимулирует систематическую работу обучаемого. При такой системе у обучаемых нет достаточной мотивации к повседневному обучению, к тому же отсутствует дифференциация в оценке знаний, умений и владений обучаемых, что не отвечает требованиям компетентностного подхода. Для повышения объективности оценки и снижения роли случайных факторов при проведении промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы (проекта), сдачи экзаменов и зачетов предлагается разделение контроля освоения учебной дисциплины на контроль знаний, умения и владений обучаемых в рамках формируемых данной дисциплиной компетенций. Важным элементом системы оценивания результатов образования, нацеленной на систематический контроль, выступает фонд оценочных средств (ФОС) на уровне реализации рабочих программ учебных дисциплин, входящих в учебный план направления высшего образования вуза. Особенностью предлагаемой системы является требование своевременности выполнения обучаемыми всех учебных заданий в рамках учебной дисциплины и формирование компетенций нарастающим итогом с учетом специфики содержания учебной дисциплины и способностей обучаемых.

Промежуточная аттестация по учебной дисциплине – это вид контроля результата освоения обучаемым учебной дисциплины, который проводит преподаватель или комиссия. Контроль освоения всей учебной дисциплины (или ее семестровой части) может осуществляться входе защиты курсовой работы (проекта), а также экзамена, зачета, дифференцированного зачета. ФОС для проведения промежуточной аттестации по учебной дисциплине (далее – ФОС по дисциплине) предназначен для контроля уровня освоения знаний, умений и владений обучаемых по дисциплинам, входящим в образовательные программы, реализуемые в вузе, и представляет собой совокупность контролирующих материалов для измерения уровня достижения обучаемым установленных результатов обучения. ФОС по дисциплине, будучи неотъемлемой частью, нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучаемыми основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), обеспечивает повышение качества образовательного процесса вуза.

В качестве ФОС для проведения промежуточной аттестации выступают теоретические вопросы к зачету/экзамену, практические задания к зачету/экзамену, требования к курсовой работе/проекту. Состав и формы ФОС промежуточной аттестации, а также процедуры оценивания знаний, умений, навыков и владений, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются вузом согласно Приказу Минобрнауки РФ № 1367 от 19 декабря 2013 г. Промежуточная аттестация по учебной дисциплине, как правило, проводится с учетом результатов текущего и рубежного контроля успеваемости обучаемых.

Текущий контроль проводится для своевременного вскрытия недостатков обучения при освоении учебной дисциплины. К нему относятся: систематические проверки знаний и умений обучаемых, сформированных при изучении лекционного материала, выполнении практических заданий, написании контрольных работ и т.п. Данный вид контроля, как правило, проводится преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и не регламентируется вузом.

Рубежный контроль (рекомендуемый вид контроля), как правило, охватывает содержание крупного раздела (несколько тем) учебной дисциплины и проводится после завершения изучения одного или нескольких учебных модулей дисциплины. Он может проходить в форме независимого оценивания в рамках компьютерного тестирования при наличии стандартизованных оценочных материалов в ФОС вуза или в виде локального тестирования преподавателем, проведения письменных контрольных работ, выполнения кейсов, индивидуальных творческих заданий (проектов), лабораторных работ и т.п. Рубежный контроль рекомендуется проводить фронтально для обучаемых одного направления подготовки с использованием возможностей централизованного ФОС вуза.

ФОС для промежуточной аттестации по учебной дисциплине входит в состав рабочей программы дисциплины (РПД) или учебно-методического комплекса дисциплины (далее – УМКД).

Целью создания и применения ФОС учебной дисциплины является установление соответствия уровня подготовки обучаемого в процессе освоения соответствующей дисциплины требованиям рабочей программы, а также выработки у него компетенций, относящейся к этой рабочей программе. Задачами ФОС по дисциплине являются: стимулирование повседневной систематической работы обучаемых при освоении учебной дисциплины; управление процессом приобретения обучаемыми необходимых знаний, умений, владений и уровнем сформированности компетенций; контроль за достижением образовательных целей учебной дисциплины, определенных в виде набора компонентов (знаний, умений и владений) заявленных общекультурных и профессиональных компетенций; оценка достижений обучаемых в процессе изучения учебной дисциплины с выделением положительных/отрицательных результатов и планирование предупреждающих/корректирующих мероприятий; обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс вуза.

ФОС должен обеспечивать текущий и рубежный контроль достижения обучаемыми поставленных в рабочей программе дисциплины образовательных целей и результатов, а также промежуточную аттестацию обучаемых в форме защиты курсовых проектов (работ) и сдачи зачетов (дифференцированных зачетов) и/или экзаменов.



Объектами оценивания являются знания, умения и владения обучаемых, а также уровень сформированности дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках учебной дисциплины.

Состав оценочных средств по каждой дисциплине определяется преподавателем, исходя из рекомендуемого перечня оценочных средств, к которым можно, например, отнести:

- текущий контроль (коллоквиум, круглый стол, дискуссия, полемика пут, дебаты, рабочая тетрадь, разноуровневые задачи и индивидуальные задания реферат, доклад, сообщение, собеседование, деловая и/или ролевая игра);
- рубежный контроль (кейс-задание, рубежная контрольная работа, портфолио, расчетно-графическая работа, творческое задание, тест, защита лабораторной работы, тренажер, эссе);
- промежуточная аттестация (курсовой проект (работа), зачет, дифференцированный зачет, экзамен).

Назначение оценочного средства определяет его использование для измерения уровня достижения обучаемыми установленных результатов обучения по одной теме (разделу) и/или совокупности тем (модулю), а также по дисциплине в целом. ФОС по дисциплине должен быть валидным, надежным, справедливым, своевременным и эффективным.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине включает в себя: перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения учебной дисциплины; описание показателей и критериев оценивания дисциплинарных частей компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и владений, характеризующих этапы формирования компетенции в освоения учебной дисциплины; методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений и владений характеризующих этапы формирования компетенций.

Структурными элементами ФОС по дисциплине являются:

- титульный лист;
- перечень формируемых компетенций;
- перечень контролируемых результатов обучения и видов контроля;
- типовые темы и задания на курсовой проект (работу);
- типовые зачетно-экзаменационные материалы, содержащие комплект утвержденных по установленной форме экзаменационных билетов и/или вопросов, заданий для экзамена/зачета;
- фонд тестовых заданий для компьютерного и/или бланчного тестирования, разрабатываемый в обязательном порядке по дисциплинам базовых частей всех циклов учебного плана в соответствии с положением о формировании централизованного фонда тестовых заданий вуза;
- критерии и показатели оценивания при промежуточной аттестации.

В состав ФОС в обязательном порядке должны входить оценочные средства, указанные в качестве средств промежуточной аттестации в рабочей программе дисциплины. Разработка других оценочных средств и включение их в ФОС осуществляются по решению преподавателя, ведущего дисциплину.

Базой для разработки ФОС дисциплины являются компетентностная модель выпускника, учебный план ОПОП и рабочая программа дисциплины. Разработка ФОС включает три этапа.

Предварительный этап связан с планированием результатов освоения учебной дисциплины и контролируемых мероприятий. Для каждого мероприятия разработок необходимо решить следующие вопросы: что является объектом контроля и какие результаты обучения необходимо получить в рамках освоения учебной дисциплины; какими способами обеспечить оптимально оценивание данных объектов контроля; какие оценочные средства необходимы при оценке объектов контроля. При составлении плана оценивания каждому объекту контроля (результату обучения) необходимо поставить в соответствие вид контроля, оценочные средства и методику оценивания. Предварительный этап заканчивается составлением таблицы с перечнем контролируемых результатов обучения и видов контроля.

Основной этап включает формирование контрольно-измерительных материалов ФОС, а также их проверку на валидность поставленным целям оценивания, в том числе:

- формирование конкретных оценочных средств (темы курсовых работ, вопросы на зачет/экзамен и т.д.);
- разработку процедуры оценивания, включая установление нормативного срока выполнения контролирующего задания и регламентирование учебно-методических и технических условий проведения;
- разработку критериев и шкал оценивания результатов контроля. Процедура выставления оценки должна быть четкой и прозрачной, обучаемые должны знать и хорошо ее понимать. Апробация и стандартизация оценочных средств производятся на репрезентативных выборках обучаемых. Для этого необходимо сформировать достаточное количество заданий (не меньше числа экзаменуемых) и провести выборочное оценивание; оформить ФОС согласно установленным в вузе требованиям; согласовать и утвердить ФОС на кафедре вуза, закрепленной за данной дисциплиной.

Завершающий этап – разработка методических материалов. Это могут быть рекомендации для преподавателей по использованию оценочных средств, указания для обучаемых по выполнению контролируемых мероприятий, инструкции по информационному и техническому обеспечению процедуры оценивания. На этом же этапе формируются рекомендации относительно предупреждающих и корректирующих действий по итогам оценивания результатов освоения учебной дисциплины.

Формирование фондов оценочных средств по учебной дисциплине и использование их при оценивании уровня сформированности заявленных компетенций обучаемого на различных этапах освоения им образовательной программы является важнейшим элементом гарантированного качества подготовки выпускника вуза. Инновационной составляющей предлагаемых ФОС является их ориентированность на оценку не только знаний и умений обучаемого, но и частей и компонентов формируемых компетенций. Предлагаемая структура ФОС по учебной дисциплине позволяет оценивать персональные достижения обучаемого на различных этапах освоения им учебной дисциплины в рамках проведения текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Следует отметить, что ФОС учебной дисциплины может выступать как одна из гарантий качества образования только при соблюдении ряда требований. Во-первых, содержание и процедуры использования ФОС должны быть обоснованы научно и методологически, во-вторых, оценочные средства должны отвечать как требованиям ФГОС, так и внутри вузовским требованиям.

Предложенная структура ФОС и процедура их использования позволяют выработать унифицированные требования к качеству оценочных средств и автоматизировать процесс оценивания уровня сформированности компетенций обучаемых на уровне реализуемых ОПОП вуза.

#### **Список литературы:**

1. О концепции разработки новых федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования / Е.К. Гитман [и др.] // Высшее образование в России. – 2014. – № 5. – С. 46–54.
2. Ефремова Н.Ф. Компетенции в образовании: Формирование и оценивание. – М. : Национальное образование. – 2012. – 416 с.
3. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
4. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
5. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.

6. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
7. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
8. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
9. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
10. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. Фракталы и их применение // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 130–134.
11. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
12. Мальхина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 199–203.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАНЕВРЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОЛЕТА  
НА ЕГО БОЕВУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**



**ESTIMATION OF INFLUENCE OF MANEUVERABLE CHARACTERISTICS OF  
THE PLANE ON ITS FIGHTING EFFICIENCY**

**Нехорошев Д.А.**

курсант,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
vva@mail.ru

**Костин П.С.**

кандидат технических наук, доцент,  
ВУНЦ ВВС «ВВА»  
texnnik@mail.ru

**Мельников В.С.**

ВУНЦ ВВС «ВВА»  
vva@mail.ru

**Nechoroshev D.A.**

Cadet,  
VUNC VVS «VVA»  
vva@mail.ru

**Kostin P.S.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
VUNC VVS «VVA»  
texnnik@mail.ru

**Melnikov V.S.**

VUNCVVS «VVA»  
vva@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлена математическая модель определения боевой эффективности самолета при различных значениях маневренных характеристик. Представлены результаты определения вероятности перехвата воздушной цели при различных фиксированных значениях вероятности своевременного вылета.

**Ключевые слова:** математическая модель, вероятность перехвата, эффективность, маневренность, радиус виража.

**Annotation.** In a paper the mathematical sample piece of definition of fighting efficiency of the plane is presented at various values of maneuverable performances. Results of definition of probability of interception of an air target are presented at the various fixed values of probability of timely embarkation.

**Keywords:** mathematical sample piece, probability of interception, efficiency, manoeuvrability, bend radius.

Оценка эффективности выполнения определенной задачи боевым самолетом является важным этапом государственных испытаний при его приемке. На боевую эффективность современного маневренного самолета оказывает влияние большое количество факторов, в том числе и маневренные характеристики, определяющие возможности самолета искривлять траекторию движения. Количественно боевая эффективность оценивается вероятностью того, что в конкретном полете поставленная задача будет выполнена.

Главным показателем, оценивающим боевую эффективность истребительного боевого авиационного комплекса (БАК), является вероятность перехвата цели [1, 2]:

$$W_{\text{пер}} = P_0 P_H P_{\text{пор}}, \quad (1)$$

где  $P_0$  – вероятность своевременного вылета, характеризующая, в основном, эффективность средств наземного обеспечения;  $P_H$  – вероятность наведения, которая характеризует эффективность бортового комплекса оборудования самолета;  $P_{\text{пор}}$  – вероятность поражения, характеризующая эффективность бортовых прицельных устройств и авиационных средств поражения (СП).

Путем анализа математических зависимостей вероятности перехвата цели  $W_{\text{пер}}$  было установлено, что маневренные характеристики оказывают влияние только на вероятность наведения на цель  $P_H$ , выражение для ее оценки имеет вид:

$$P_H = \int_{D_{061}}^{D_{062}} P_{\text{БН}}(D_{06}) f(D_{06}) dD_{06}, \quad (2)$$

где  $D_{061}$  – максимальная дальность видимости цели бортовыми средствами обнаружения;  $D_{062}$  – минимальная дальность применения авиационных средств поражения;  $P_{\text{БН}}(D_{06})$  – вероятность наведения по курсу при обнаружении цели на дальности;  $D_{06}$ ,  $f(D_{06})dD_{06}$  – интегральная функция распределения дальности обнаружения цели.

Формула для определения эффективности ближнего наведения имеет вид:

$$P_{\text{БН}}(D_{\text{об}}) = \Phi\left(\frac{+\Delta\varphi_{\text{об}}^{\text{пп}} - m_{\Delta\varphi}}{\sigma_{\Delta\varphi}}\right) - \Phi\left(\frac{-\Delta\varphi_{\text{об}}^{\text{пп}} - m_{\Delta\varphi}}{\sigma_{\Delta\varphi}}\right), \quad (3)$$

где  $\Delta\varphi_{\text{об}}^{\text{пп}}$  – предельно допустимая ошибка наведения по курсу;  $m_{\Delta\varphi}$  – математическое ожидание;  $\sigma_{\Delta\varphi}$  – среднее квадратичное отклонение ошибки наведения по курсу;  $\Phi$  – функция нормального стандартного распределения Лапласа.

Предельное отклонение от требуемого курса  $\Delta\varphi^{\text{пп}}$ , которое может быть устранено маневром истребителя и ракеты определяется:

$$\Delta\varphi^{\text{пп}} = \frac{V_u t_u}{2r_{\text{ви}}} \left(1 + \frac{V_p t_p}{V_u t_u + V_p t_p}\right) + \frac{V_p t_p}{2r_{\text{вр}}} * \frac{V_p t_p}{V_u t_u + V_p t_p}, \quad (4)$$

где  $V_u, V_p$  – скорость истребителя и ракеты;  $t_u, t_p$  – время полета истребителя и ракеты;  $r_{\text{ви}}, r_{\text{вр}}$  – радиус виража истребителя и ракеты.

Зависимости (1), (2), (3), (4) положены в основу разработанной в Matlab@Simulink математической модели оценки влияния маневренных характеристик  $n_{yu}, n_{yp}, r_{\text{ви}}$  и  $r_{\text{вр}}$  на боевую эффективность самолета  $W_{\text{пер}}$ . Программа в автоматическом режиме производит вычисления  $W_{\text{пер}}$ , в зависимости от изменения входных параметров, таких как скорость истребителя  $V_u$ , располагаемой перегрузки самолета  $n_{yu}$ , скорости цели  $V_{\text{ц}}$ , от которой зависят временные характеристики.

Результаты моделирования представлены ниже. На рисунке 1 представлены результаты расчета потребной перегрузки в зависимости от скорости истребителя. Так при скорости истребителя  $V_u = 230$  м/с потребная перегрузка равняется 3,6. При увеличении скорости истребителя до значения  $V_u = 350$  м/с, значение потребной перегрузки увеличивается до 5,7.

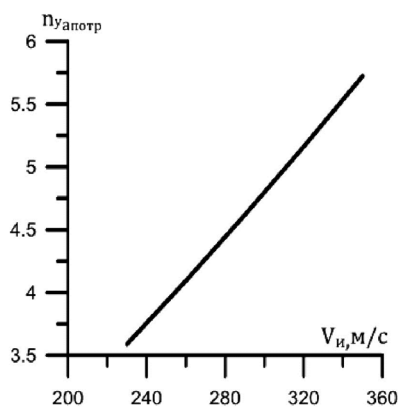


Рисунок 1 – Зависимость потребной перегрузки  $n_{y,апотр}$  от скорости истребителя  $V_u$

На рисунке 2 представлена зависимость радиуса виража самолета от его скорости. По графику видно, что увеличение скорости самолета приводит к значительному увеличению радиуса виража, что отрицательно скажется на маневренности истребителя и на боевой эффективности в целом. При  $V_{\text{и}} = 230$  м/с,  $r_{\text{ви}} = 1600$  м., а при  $V_{\text{и}} = 350$  м/с,  $r_{\text{ви}} = 9400$  м, т.е. при увеличении скорости истребителя в 1,5 раза, радиус виража увеличивается почти в 6 раз.

Анализ результатов моделирования по определению вероятности наведения на цель (рис. 3) свидетельствует о том, что увеличение радиуса виража приводит к снижению маневренных характеристик самолета и, как следствие, к уменьшению вероятности наведения его на цель и боевой эффективности в целом. При значении радиуса виража равном  $r_{\text{ви}} = 1600$  м, вероятность наведения на цель будет равной  $P_{\text{н}} = 0,76$ . При увеличении радиуса виража до значения  $r_{\text{ви}} = 9400$  м, вероятность наведения на цель уменьшается до значения  $P_{\text{н}} = 0,55$ .

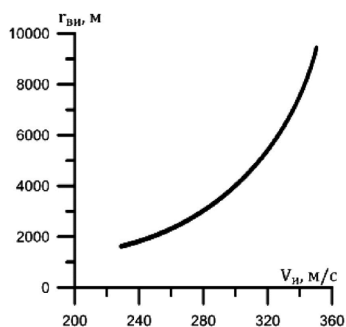


Рисунок 2 – Зависимость радиуса виража самолета от его скорости

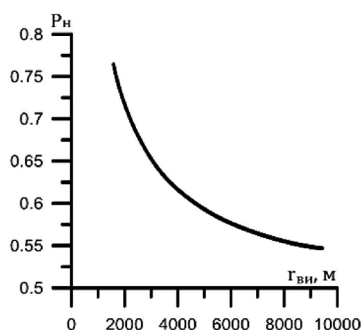


Рисунок 3 – Зависимость предельного угла отклонения от курса от радиуса виража самолета

В зависимости от радиуса виража, при постоянных значениях вероятности своевременного вылета ( $P_0 = 0,8$ ) и вероятности поражения  $P_{пор} = 0,7$ , вероятность перехвата изменяется в соответствии с кривой, представленной на рисунке 4 (а), и при  $\Gamma_{ви} = 1600$  м достигает максимального значения 0,43. Результаты определения вероятности перехвата при различных значениях  $P_0$  представлены на рисунке 4 (б).

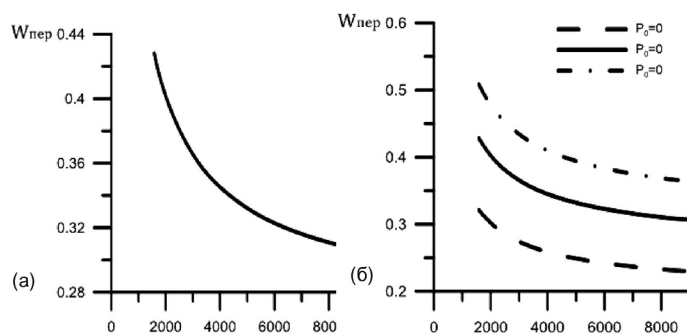


Рисунок 4 – Зависимость вероятности перехвата цели от радиуса виража самолета : (а) –  $P_0 = \text{const}$ ,  $P_{пор} = \text{const}$ ; (б) –  $P_0 = \text{var}$ ,  $P_{пор} = \text{const}$ .

В результате проведенных исследований был разработан инструмент, позволяющий определять вероятность перехвата при различных исходных данных, определены значения вероятности перехвата при различных значениях вероятности своевременного вылета и вероятности поражения. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что увеличение радиуса виража самолета приведет к уменьшению вероятности перехвата цели, что уменьшит боевую эффективность истребительного боевого авиационного комплекса.

#### Список литературы:

1. Арбузов И.В., Болховитинов О.В., Волочаев О.В. Боевые авиационные комплексы и их эффективность: учебник для слушателей и курсантов инженерных ВУЗов ВВС.
2. Макаренко В.Н., Харченко В.К., Кузнецов А.Д. Вероятностные основы боевых авиационных комплексов : учебное пособие. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА».

УДК 214.74

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**  
 ◆◆◆◆  
**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AIRCRAFT ENGINES**

**Божко С.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 bsvinfo60@mail.ru

**Савченко М.М.**

доцент,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 mms1955@mail.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 rx6da@mail.ru

**Тимербулатов А.А.**

курсант,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье анализируются различные способы улучшения и оптимизации авиационных двигателей, рассматриваются некоторые направления совершенствования авиационных газотурбинных двигателей, пути использования перспективных видов авиационного топлива и перспективы развития турбореактивных авиационных двигателей.

**Ключевые слова:** авиационный газотурбинный двигатель, перспективные виды авиационного топлива, перспективы развития турбореактивных двигателей.

**Bozhko S.V.**

PhD in Technical Sciences,  
 Professor,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 bsvinfo60@mail.ru

**Savchenko M.M.**

Associate Professor,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 mms1955@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
 Associate Professor,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 rx6da@mail.ru

**Timerbulatov A.A.**

Cadet,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes various ways to improve and optimize aircraft engines, discusses some areas of improvement of aviation gas turbine engines, ways to use promising types of aviation fuel and prospects for the development of turbojet aircraft engines.

**Keywords:** aviation gas turbine engine, promising types of aviation fuel, prospects for the development of turbojet engines.

**К** ак мы все с вами знаем, ресурсы нашей планеты не бесконечны. Ученые рассчитали, что примерно к 2070 году нефтяные ресурсы нашей планеты иссякнут. Поэтому исследователи и инженеры в области двигателестроения уже сейчас задумываются о том, как сделать двигатель, который будет обладать всеми характеристиками современных двигателей на керосине, но при этом не будет использовать нефтяные продукты горения. Так же двигатели на обычном керосине, очень сильно загрязняют наш с вами воздух, доля выброшенного CO<sub>2</sub> на авиацию в мире составляет около 2,5 % от общего количества мировых выбросов.

Так какие же есть варианты, что бы уменьшить использование авиационного керосина? В настоящее время ученые разработали **3 варианта, чтобы сократить использование авиационного топлива.**

**1. Самолеты на электрической тяге**

В настоящее время очень проблематично сделать электродвигатель, допустим даже на какой-нибудь транспортный самолёт тип «Ан-26», так как для разработки электродвигателя для данного самолёта будет вызывать большие технологические трудности и очень большие финансовые затраты. Поэтому целесообразнее было бы устанавливать такие двигатели на самолёты малой авиации.

Так компания Rolls-Royce относительно недавно представила самый скоростной в мире самолет с электрической силовой установкой – одноместный моноплан с одним воздушным винтом. Машина, названная *ionBird*, является тестовым прототипом проекта разработки высокоскоростного воздушного судна с нулевым выбросом углекислого газа. *ionBird* построен по классической аэродинамической схеме с низким расположением крыльев. Трехлопастной воздушный винт спереди приводится от трех электромоторов суммарной мощностью 500 л.с. Винт вращается с меньшей скоростью, чем на самолетах с двигателем внутреннего сгорания. Между силовой установкой и кабиной пилота располагается батарея из 6000 элементов питания, снабженная высокоэффективной системой охлаждения. Запас энергии полностью заряженной батареи достаточен для снабжения 250 домохозяйств (за какой срок не сказано). КПД силовой установки превышает 90 %. В качестве плюсов электродвигателей хотелось бы конечно отметить, что винт вращается с меньшей скоростью, чем на самолетах с двигателем внутреннего сгорания, что дает меньше шума и вибраций и не выбрасывает вредных веществ в нашу атмосферу, а к минусам – то, что самолеты с таким типом двигателя пока сложно использовать из-за того, что самолет с такой силовой установкой не сможет летать так долго, так как человечество еще не изобрело такие аккумуляторы, которые бы вмещали больше чем литий ионные. Так же к минусам можно отнести то, что такие аккумуляторы при возгорании крайне сложно потушить.

### **Альтернатива авиационного керосина**

Об это идеи задумывались еще очень давно. В СССР, например, ещё в 1988 Ту-154 впервые в мире совершил полет, используя в качестве топлива одного из двигателей жидкий водород, а после летных испытаний и проведения доработок в 1989 г. – на сжиженном природном газе.

Сейчас Центральный институт авиационного моторостроения (ЦИАМ) им. П.И. Баранова работает над созданием гибридной силовой установки на альтернативных видах топлива для регионального самолета и обсуждает с Фондом перспективных исследований создание на базе двигателя ВК-2500 полностью сверхпроводящей гибридной силовой установки мощностью 1500 кВт с использованием в качестве топлива и хладагента жидкого водорода или сжиженного природного газа.

Так же водород можно использовать вместо литий-иона. Так называемые водородные топливные элементы (ВТЭ), в которых водород не горит, а электрохимически окисляется, давая электричество. На выходе – та же самая вода (только без потенциальных выбросов оксида азота, которые могут образовываться при горении водорода в реактивном двигателе) и электричество, которое подается на вращающий винт электромотором. В конце 2010-х началась гонка самолетов на ВТЭ. В нашей стране в 2019 году тоже был построен такой самолет – четвертый в мире. Тогда он был представлен на авиасалоне МАКС-2019, однако летные испытания, запланированные на 2020 год, «отодвинула» пандемия коронавируса.

Судя по всему, именно ВТЭ будут поднимать в будущем экологичные самолеты малого и среднего размера. В сентябре 2020 года взлетел уже шестиместный водородный самолет *HyFlyer*, а компания *Universal Hydrogen* из США приступила к созданию комплектов для замены у самолетов *de Havilland Canada Dash 8-300* (ныне выпускаемых концерном *Bombardier*) обычных турбовинтовых двигателей на электрические. Такие самолеты есть в эксплуатации и в России, а это значит, что уже через четыре-пять лет и мы сможем полетать на региональном водородном самолете. Появились и более экзотические проекты – например, летающей стратосферной топливной вышки на водороде.

Ну а что же «большие» самолеты? Несмотря на скепсис специалистов по поводу реактивных двигателей, использующих в качестве топлива водород (в первую очередь этот скепсис связан с очень сложной, дорогой и тяжелой системой перевозки жидкого водорода), компания *Airbus* заявила, что в 2035 году они все-таки сделают целую линейку больших водородных самолетов – как классической схемы, так и построенных по схеме «летающее крыло», которое служит баком для жидкого водорода. В этом году в ФРГ начали производить керосин путем электролиза воды.



Экологичное горючее для самолетов можно получать методом электролиза воды, используя возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и соединяя выделяющийся водород с CO<sub>2</sub>, который образуется при производстве биогаза. Перспективность такой технологии призвана доказать первая в мире установка по выпуску синтетического авиационного керосина в промышленных масштабах. Ее официальное открытие состоялось 4 октября в городке Верльте на северо-западе Германии. После выхода на проектную мощность в начале 2022 года созданная компанией Siemens Energy установка сможет выпускать одну тонну синтетического керосина в день. Его первым покупателем станет Lufthansa, которая будет использовать его при заправке своих грузовых самолетов в аэропорту Гамбурга. Авиакомпания обязалась в ближайшие пять лет ежегодно приобретать как минимум 25 000 литров «зеленого» топлива.

### 3. Гибридная силовая установка

В настоящее время производители авиационных двигателей также уделяют повышенное внимание созданию гибридных силовых установок (ГСУ), в составе которых комбинируется тепловой двигатель (поршневой или газотурбинный) и электрический мотор. Данная комбинация позволяет существенно повысить топливную эффективность летательного аппарата, снизить вредные выбросы и повысить экономичность эксплуатации. Развитие ГСУ и их интеграция в состав летательных аппаратов различного назначения является одной из наиболее актуальных тенденций развития рынка авиадвигателей: комбинация ГТД и электрического мотора позволяет частично решить основные проблемы современной авиации.

Мировой опыт показывает, что практически все крупные производители силовых установок для авиации в той или иной степени ведут работы по созданию ГСУ. В частности, американская компания Pratt & Whitney в середине июля 2021 года заручилась поддержкой правительства Канады для совершения первого полета турбовинтового гибридного авиадвигателя: ожидается, что он позволит существенно снизить вредные выбросы в атмосферу. Одновременно предполагается существенная экономия топлива, которая в случае интеграции ГСУ на региональные турбовинтовые пассажирские и транспортные самолеты может составить до 30 %.

Гибридная силовая установка (ГСУ) представляет собой симбиоз теплового и электрического двигателя. В качестве теплового используется поршневой или газотурбинный. В авиационной ГСУ электрическая часть подключается на взлете и посадке летательного аппарата, в то время как основная часть полета происходит за счет только тепловой машины. ГСУ считается одним из наиболее перспективных направлений развития современного двигателестроения. Электрификация силовых установок действительно открывает новые возможности для авиации. И не только в части экологических требований, о которых сейчас так много говорят. В перспективе использование ГСУ может повысить надежность и функциональность платформ с однодвигательными компоновками, надежность и скорость вертолетов, для пассажирской авиации решить проблему шума в населенных пунктах, где небольшие взлетно-посадочные полосы расположены в черте города, и улучшить взлетно-посадочные характеристики.

#### Список литературы:

1. Божко С.В., Снетков Д.А., Терехов В.В. Направления улучшения и оптимизации авиационных двигателей // Сб. научных статей IX Международной НПК молодых ученых, посвященной 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 12–13.04.2019 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 312–317.
2. Божко С.В., Терехов В.В., Кирилова Е.А. Огненные моторы // Сб. научных статей XI Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 18–19 декабря 2020 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 222–225.
3. Божко С.В., Терехов В.В., Тылипцев М.О. Другое пятое поколение. Маневренность вместо незаметности // Сб. научных статей X Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 18–19 декабря 2019 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 183–188.

4. Божко С.В., Шевцов Ю.Д., Фадеев Е.Д. Методика определения температуры вспышки и щелочного запаса при оценке качества моторного масла // Сб. научных статей VIII Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 20–22 декабря 2017 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 409–411.
5. Божко С.В., Курбасов А.М., Харчевский Н.В. Роторный двигатель // Сб. научных статей XI Международной НПК молодых ученых, посвященной 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 13–15.04.2021 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 146–149.
6. Шарапов К.А., Божко С.В., Савченко М.М. Анализ парка учебных самолетов иностранного производства // Сборник научных статей II Международной НПК «Научный потенциал вуза – производству и образованию», посвященной 150-летию со дня рождения Б.Л. Розинга, 04–05 декабря 2019 года. – Армавир.
7. Иностранные самолеты для начальной летной подготовки / С.В.Божко[и др.] // Сб. науч. статей X Международной НПК мол. ученых, посв 59-й год. полета Ю.А. Гагарина в космос 13–14 апреля 2020 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 80–84.

УДК 214.74

**ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
МОТОРНЫХ МАСЕЛ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ**



**CAUSES AND CONDITIONS OF CONTAMINATION OF  
ENGINE OILS OF AIRCRAFT ENGINES**

**Гимбицкая Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
ludgim@yandex.ru

**Гимбицкий В.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gimva@yandex.ru

**Колеванов А.Ю.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Gimbitskaya L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
ludgim@yandex.ru

**Gimbitsky V.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gimva@yandex.ru

**Kolevanov A.U.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены классификации различных загрязнений моторных масел ЛА в различных стадиях их эксплуатации. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования условий возникновения загрязнений в рабочих жидкостях. На основе проведенного анализа авторами исследованы назначение, область применения, фазовое состояние, состав, причины возникновения, условия проявления в различных марках масла в различных местах взятия проб и содержание загрязнений.

**Ключевые слова:** эксплуатационные материалы, смазочная пленка, загрязнения, поверхностное трение, примеси, моторные масла, фазовый анализ, спектральный анализ, компрессоры, диэлектрики, токонесущие части, износ, изоляция, углеводородный состав, гранулометрический состав, рентгеноскопический метод

**Annotation.** This article discusses the classifications of various contaminants of aircraft engine oils at various stages of their operation. The main unsolved problem of studying the conditions for the occurrence of contamination in working fluids has been identified and substantiated. Based on the analysis, the authors investigated the purpose, scope, phase state, composition, causes, conditions of manifestation in various brands of oil in various sampling sites and the content of contamination.

**Keywords:** operational materials, lubricating film, contamination, surface friction, impurities, engine oils, phase analysis, spectral analysis, compressors, dielectrics, current-carrying parts, wear, insulation, hydrocarbon composition, granulometric composition, X-ray method.

Основными видами эксплуатационных материалов для технических объектов – самоходных машин являются различные виды топлив, смазочные масла и технологические жидкости. Наиболее значимыми из эксплуатационных материалов для этих объектов являются масла для двигателей. Основное назначение масла – образование устойчивой смазочной пленки для обеспечения минимального трения и предотвращения изнашивания поверхностей трения. Чтобы выполнять основное функциональное назначение масло должно быть в соответствующем агрегатном состоянии и не содержать загрязняющих примесей [1]. Все теоретические исследования и опыты проводились с маслами марок М10Г2 и М8.

Масла, работая в двигателях при высокой температуре и давлении, соприкасаются с воздухом и продуктами неполного сгорания топлива, с кондиционированными парами воды, с занесенной в двигатели пылью, с металлическими поверхностями деталей и продуктами их износа. Классификация моторных масел представлена в таблице 1.

В результате физико-химические свойства масла изменяются, что нарушает работу двигателей и вызывает их ненормированный износ [2]. Существуют три группы дефек-

тов масел: дефекты основного составляющего; снижение функциональных характеристик добавок; снижение характеристик самого масла за счет загрязнений. Первые две группы дефектов обнаруживаются в процессе длительной эксплуатации масла. Третья группа дефектов обусловлена загрязнением масла за счет внешних факторов.

**Таблица 1** – Классификация масел

Назначение	Область применения
Моторные	ДВС, карбюраторные, дизельные, авиационные
Трансмиссионные	Механические и гидромеханические передачи автотракторной техники
Индустриальные	Сборочные единицы и механизмы промышленного оборудования
Турбинные	Смазка и охлаждение подшипников турбоагрегатов
Компрессорные	Компрессоры низкого и высокого давления, детали компрессоров, непрерывно соприкасающихся с холодными реагентами
Электроизоляционные (трансформаторные, конденсаторные, кабельные)	Жидкие диэлектрики: изоляция токонесущих частей электрооборудования, отвод тепла
Приборные	Детали различных приборов контрольно-измерительной аппаратуры

Для оценки количественного загрязнения используются спектральный и фазовый анализ, проводимый рентгеноскопическим методом [2]. Так, по данным Северо-Кавказской машиноиспытательной станции партия товарного масла М10Г2 производства «Уфанефтехим», реализованная в 2011 году хозяйствам, за время их использования вывела из строя 26 двигателей ЯМЗ-240 и СМД-60 по причине оплавления антифрикционного слоя подшипников коленчатого вала в результате повышенных коррозионных воздействий составляющих элементов масла на материалы вкладышей. В масле может попадать и вода. В гидравлическом масле могут находиться микробиологические загрязнения [1]. Микрозагрязнения попадают в системы с рабочими жидкостями. Масла загрязняются частицами пыли из воздуха. Над аэродромом с бетонным покрытием взлетно-посадочной полосы и травяным вокруг неё в 1 м<sup>3</sup> воздуха содержится от 1 г до 10 г и более пыли [3]. А при различных сельскохозяйственных работах наблюдается запыленность воздуха от 8,063 до 21,520 г/м<sup>3</sup> [4]. Рабочая жидкость, насыщенная пылью, действует на металл как абразивная притирочная паста [5]. Металлические продукты износа частично растворяются в масле, а частично остаются в виде нерастворимых коллоидных частиц. Повышается зольность масла. Продукты загрязнения можно разделить на две основные группы: органические и неорганические. С химическим составом загрязнений связано их фазовое состояние [1]. Состав загрязнений и их фазовое состояние в нефтяных рабочих жидкостях представлены в таблице 2.

**Таблица 2** – Состав загрязнений в нефтяных рабочих жидкостях

Вещества	Фазовое состояние
Неорганические	
Металлы	Твердое
Оксиды металлов	Твердое
Соединения металлов (окислы и соли)	Твердое
Вода	Жидкое
Воздух	Газообразное
Органические	
Смолистые вещества	Полужидкое
Асфальтены	Твердое
Соли карбоновых кислот	Твердое
Углеводороды	Пластичное или твердое
Бактерии, грибки, пирогенные вещества	Пластичное или полужидкое (плесень, слизь или пленка)

Загрязнения, образующиеся в нефтяных рабочих жидкостях при производстве приведены в таблице 3 [2].

К операционным загрязнениям относятся загрязнения, образующиеся в рабочих жидкостях при транспортных и нефтескладских операциях (табл.4) [1].

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Таблица 3** – Производственные загрязнения в нефтяных рабочих жидкостях

Вид	Состав	Причины возникновения	Условия проявления
Нефтяные	Окислы металлов и кремния, асфальто-смолистые соединения	Наличие в исходном нефтяном сырье	Применение нефти, содержащей примеси
Технологические	Смолы	Полимеризация олефинов, конденсация ароматических углеводородов	Наличие в нефти реакционноспособных веществ
Атмосферные	Окислы металлов и кремния, вода	Контакт с запыленным и влажным воздухом	Негерметичность технологического оборудования
Контактные	Окислы металлов	Коррозия технологического оборудования	Применение оборудования из коррозионно-активных материалов, отсутствие защитных покрытий

**Таблица 4** – Операционные загрязнения в нефтяных рабочих жидкостях

Вид	Состав	Причины возникновения	Условия проявления
Атмосферные	Окислы металлов и кремния, вода	Контакт с запыленным и влажным воздухом	Открытое хранение масла, налив и слив масла открытой струей
Остаточные	Окислы металлов, кремния	Соприкосновение с загрязненными стенками трубопроводов и резервуаров	Налив масла в незащищенные резервуары и тару
Контактные	Окислы металлов, частицы резины	Коррозия металлов, разрушение покрытий, резинотехнических изделий	Изготовление средств транспортирования из нестойких к маслу конструкционных материалов
Износные	Металлы и сплавы	Износ рабочих органов	Применение оборудования с недостаточной износостойкостью
Продукты окисления	Смолы, асфальтены	Окисление углеводородов, входящих в состав масла	Длительное хранение масла при повышенной температуре и присутствии кислорода
Низкотемпературные	Парафины	Выпадение кристаллов углеводородов	Понижение температуры масла
Газовые	Воздух	Попадание пузырьков воздуха	Подсос воздуха при перекачке масла
Микробиологические	Бактерии, грибки, пирогенные вещества	Заражение микроорганизмами	Хранение при повышенной температуре, избыточной влажности и контакте с атмосферой

Состав эксплуатационных загрязнений приведен в таблице 5 [1].

При транспортировке масел в герметичных бидонах из белой жести емкостью 20 л количество загрязнений в них не увеличивается и составляет 0,0012–0,0015 % (масс.). Транспортирование масел в ж/д цистернах и последующий слив их в резервуары приводят к возрастанию загрязнений [5]. Содержание и гранулометрический состав загрязнений в маслах при заправке авиационной техники приведен в таблице 6 [2].

В процессе эксплуатации в масле, находящемся в системе смазки двигателя, происходят непрерывные изменения, обусловленные процессом их старения (табл. 7) [1].

Попадая в маслосистему, вода способствует стимуляции коррозионной агрессивности содержащихся кислот, образованию масла, устойчивых эмульсий с маслом, увеличению кислотности масла, изменению вязкости масла; повышению износа деталей двигателя [3].

**Таблица 5** – Эксплуатационные загрязнения в маслах

Вид	Состав	Причины возникновения	Условия проявления
Углеводородные	Смолы, асфальтены, карбены, карбоиды, асфальтопепковые оксикислотные соединения, кокс, сажа	Окисление углеводородов, входящих в состав масла, термическое разложение и сгорание масла	Контакт с кислородом при высокой температуре, неполное сгорание топлива
Атмосферные	Оксиды металлов, кремния	Контакт с запыленным и влажным воздухом	Малая эффективность воздушных фильтров на дренажных устройствах масляных систем
Контактные	Оксиды металлов, частицы конструкционных материалов	Коррозия металлов, разрушение отдельных элементов систем под действием масла	Применение в машинах металлов, корродирующих под действием масла
Износные	Металлы и сплавы	Износ деталей, агрегатов масляных и гидравлических систем	Применение масел с низкими смазочными свойствами

**Таблица 6** – Содержание и гранулометрический состав загрязнений в маслах при заправке авиационной техники

Марка масла	Место пробы	Содержание загрязнений, % (масс)	Число частиц (тыс.шт./см <sup>3</sup> ) по интервалам размеров				
			0–10	11–20	21–30	31–40	41–50
M8	Бак заправочного агрегата	0,0312	35,1	2,5	0,6	0,9	0,3
M8	Раздаточный кран	0,0104	2,0	0,6	0,08	–	–
ТАД17	Бак заправочного агрегата	0,0184	1,0	0,2	0,05	0,01	0,02
ТАД17	Раздаточный кран	0,0135	0,5	0,2	0,07	–	–
M10Г2	Бак заправочного агрегата	0,0412	37,1	3,5	1,6	0,7	0,2
M10Г2	Раздаточный кран	0,0107	2,9	0,9	0,18	0,02	0,001
MГЕ46	Бак заправочного агрегата	0,0372	45,1	3,7	0,9	0,8	0,4
MГЕ46	Раздаточный кран	0,0104	2,7	2,6	1,08	–	–

**Таблица 7** – Содержание загрязнений в зависимости от наработки масла M8

Продолжительность работы, час.	Содержание загрязнений, %	Зольность, %	Содержание органических соединений, %
0	0,005	0,0028	44,0
10	0,4	0,12	70,0
20	1,0	0,14	86,0
30	1,0	0,20	80,0
40	2,4	0,23	90,4
50	2,5	0,28	89,2

**Список литературы:**

1. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Новиков Е.А. К вопросу об особенностях работы двигателя внутреннего сгорания и дизельного агрегата // Сборник научных статей XXXI Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: вопросы точных и технических наук». – СПб., 2020. – 179 с.
2. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата // Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – СПб. : Изд-во «КультИнформПресс», 2019. – 188 с.
3. Методы исследования характеристик системы обеспечения заправки топливом региональных аэродромов / А.Ф. Коханый [и др.] // Материалы V международной практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 576 с.
4. Влияние промывки гидросистемы на состояние летательных аппаратов / А.Ф. Коханый [и др.] // Материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 53-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 432 с.
5. Коханый А.Ф., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Подходы к проведению ТО по фактическому ТС ГТД ЛА // Сборник научных статей X международной научно-практической конференции о молодых ученых, посвященной 59 годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 11–12.04.2020 / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – 476 с.

**ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ МАСЛА  
И НАДЕЖНОСТЬ МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ**



**OIL PERMITTIVITY AND RELIABILITY OF OIL SYSTEMS**

**Гимбицкая Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
ludgim@yandex.ru

**Гимбицкий В.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gimva@yandex.ru

**Малолетнев Е.А.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Gimbetskaya L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
ludgim@yandex.ru

**Gimbetsky V.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gimva@yandex.ru

**Maloletnev E.A.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено влияние диэлектрической проницаемости моторных масел на надежность масляных систем ЛА. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования загрязненных рабочих жидкостей и возможность продления их срока службы. На основе проведенного анализа авторами исследованы условия проявления влияния диэлектрической проницаемости моторных масел на надежность работы двигателя ЛА.

**Annotation.** In this article, the influence of the dielectric constant of motor oils on the reliability of aircraft oil systems is considered. The main unsolved problem of the study of contaminated working fluids and the possibility of extending their service life has been identified and substantiated. Based on the analysis, the authors investigated the conditions for the manifestation of the influence of the dielectric constant of motor oils on the reliability of the aircraft engine.

**Ключевые слова:** диэлектрическая проницаемость, напряженность поля, долговечность машин, коагуляция частиц, архимедова сила, пондемоторная сила, неоднородное поле, коронный разряд, диэлектрическая жидкость.

**Keywords:** permittivity, field strength, durability of machines, particle coagulation, Archimedean force, pondemotor force, inhomogeneous field, corona discharge, dielectric fluid.

Диэлектрическая проницаемость среды – важнейший показатель, характеризующий свойства масел [1]. На частицу, находящуюся в электрическом поле, действуют сила тяжести, сила инерции, архимедова и кулоновская силы. Суммарная сила электрического поля выражается так [2]:

$$F_K = \frac{3E^2rk^2}{8l^4},$$

где  $k = \frac{\epsilon_{ч} - \epsilon_{ж}}{\epsilon_{ч} + 2\epsilon_{ж}} \cdot \sqrt{\epsilon_{ж}}$ ;

$r$  – радиус частицы;

$l$  – расстояние от частицы до электрода;

$\epsilon_{ч}$  и  $\epsilon_{ж}$  – диэлектрическая проницаемость частицы и жидкости.

Если частицы имеют заряд противоположных знаков, то происходит коагуляция частиц. Сила взаимодействия между двумя заряженными частицами выражается [2]:

$$F_K = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_a\epsilon_0 l^3}$$

где  $q_1$  и  $q_2$  – заряды частиц;

$l$  – расстояние между частицами;

$\epsilon_a$  – диэлектрическая постоянная;  $\epsilon_a = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

В случае неоднородного поля имеет место еще одна сила – подемоторная [2]:

$$F_{II} = 2\pi r^2 \varepsilon_{ч} \varepsilon_{ж} \frac{\varepsilon_{ч} - \varepsilon_{ж}}{\varepsilon_{ч} + 2\varepsilon_{ж}} \cdot \nabla E^2$$

Таким образом, видно, что силы электрического воздействия внешнего электрического поля на частицы зависят от заряда частиц диэлектрической проницаемости частиц и жидкой среды, размеров частиц, параметра электрического поля и взаимного расположения частиц.

Заряд частиц зависит от ряда факторов. Это связано с особенностями получения частицей загрязнения заряда. Он может быть приобретен при непосредственном контакте частицы с электродом, получен в результате трения частицы о слой обтекающей её жидкости, наведён при нахождении в электростатическом поле коронного разряда. В последнем случае величина заряда определяется по известной формуле Потенье [3]:

$$q(r) = 12\pi\varepsilon_{ж} E r^2 \frac{\pi e n k r}{4\pi\varepsilon_{ж} + \pi e n k t}$$

где  $e$  – заряд иона;  
 $k$  – коэффициент подвижности ионов;  
 $n$  – концентрация ионов;  
 $t$  – время нахождения частицы в электрическом поле.

Все указанные факторы могут действовать одновременно с различной степенью интенсивности. Знак заряда частиц загрязнений в неполярных жидкостях определяется согласно правилу Кена [1]: если диэлектрическая проницаемость частицы меньше диэлектрической проницаемости жидкости, то заряд отрицательный. Максимальная величина заряда обусловлена размерами частицы, а на способность удерживать заряд влияют форма частицы и электропроводность очищаемой жидкости. Форма частиц загрязнения обычно не поддается каким-либо управляющим воздействиям и имеет чисто случайный вид. Электропроводность же диэлектрической жидкости сильно зависит от температуры и наличия различных проводящих присадок, вводимых в масло. Электропроводность при изменении температуры в диапазоне 0–100 °С может меняться на несколько порядков. В моторном масле обычно присутствуют частицы металла и их окислов, пластмассы, резины, волокна, окалины, атмосферная пыль, остатки притирочных паст и др. Величина относительной диэлектрической проницаемости частиц в зависимости от их природы изменяется в различной степени. В таблицах 1 и 2 представлен состав загрязнений на фильтрах масляных систем двигателя самолета, указаны значения относительной диэлектрической проницаемости каждого компонента [3].

**Таблица 1** – Состав загрязнений на фильтрах масляных систем ЛА

Наименование	Количество, %	Наименование	Количество, %
Углерод	21,55	Кремний	10–1,00
Водород	3,48–1,80	Алюминий	3,00–1,00
Кислород	29,78–26,67	Натрий	11,00–2,00
Железо	10,00–3,00	Кальций	10,00–1,00
Медь	16,00–7,90	Магний	4,00–1,00
Олово	15,00–10,00	Хром	1,00–0,30
Цинк	3,00–1,00	Никель	1,00–0,30
Свинец	1,00–0,10		

**Таблица 2** – Фазовый состав загрязнений масляных систем ЛА

Наименование компонента	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	MgO	Резина	Другие неорг. вещества	Органические соединения
Доля загрязнений, %	27	16	8,4	3,4	7,0	7,0	28,3
Относительная диэлектрическая проницаемость, ед.	3,5	10	–	9,7	4,0	–	–



Показатель преломления для не поглощающих свет частиц – величина вещественная, а для поглощающих – комплексная. Комплексный показатель преломления можно представить [4]:

$$m = \sqrt{\varepsilon - \frac{4\pi\sigma}{\omega}} = n - i\chi,$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость вещества;  
 $\sigma$  – электропроводность;  
 $\omega$  – угловая частота падающего света;  $\omega = \frac{2\pi c}{\lambda}$ ;  
 $c$  – скорость света;  
 $\lambda$  – длина волны;  
 $n$  – действительная часть комплексного показателя преломления;  
 $\chi$  – его мнимая часть, характеризующая затухание электромагнитной волны при распространении ее в поглощающей среде;  
 $i$  – мнимая величина, принимаемая за 1.

При исследовании величины диэлектрической проницаемости использовались жидкости в состоянии поставки, уровень чистоты которых определялся путем гранулометрического контроля осадка с помощью микроскопа типа МИМ-7. Контроль величины диэлектрической проницаемости определяется по ГОСТ 6581-96.

Измерительная ячейка, выполненная в виде двух коаксиальных цилиндрических электродов, размещенных в экранированном корпусе, помещалась в термощкаф. В качестве датчика температуры использовался ртутный термометр, измерительная часть которого помещалась в полости внутреннего цилиндрического электрода, а шкала через термоуплотнения выводилась из полости шкафа. Измерения выполнялись при помощи моста переменного тока типа Р-589. В процессе исследований выполнялись измерения в диапазоне температур от +20 до +100 °С [4].

Исследования изменений диэлектрической проницаемости при наложении электрического поля на масло выполнялись при помощи специальной ячейки.

Измерительная часть ячейки состоит из цилиндрического корпуса, внутри которого с помощью диафрагмы из диэлектрика закреплен второй цилиндрический электрод – втулка. В межэлектродном пространстве, образованном корпусом и втулкой по радиусу, через каждые 15° параллельно оси втулки, пропущены электроды из провода диаметром 0,3 мм. Расстояние между двумя соседними цилиндрическими электродами 6 составляет 7 мм. К соседним электродам подводится разность потенциалов от источника питания типа УПУ-1М. Подключение к измерительной ячейке высокого напряжения и тесового напряжения от моста Р-589 выполняется через раздаточную колодку. В корпусе выполнено сверление для установки термометра.

Известно, что диэлектрическая проницаемость характеризует взаимодействие внешнего электрического поля и поля вещества [4]. Можно ожидать, что незначительный нагрев существенно не повлияет на строение молекулы, поэтому и изменение диэлектрической проницаемости в диапазоне температур 20–100 °С произойдет незначительно. Это подтверждают графики на рисунках 1 и 2, на которых представлены зависимости диэлектрической проницаемости жидкости от температуры.

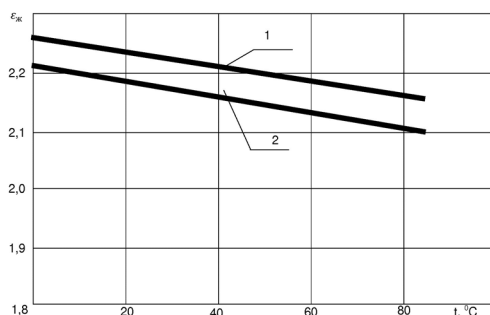
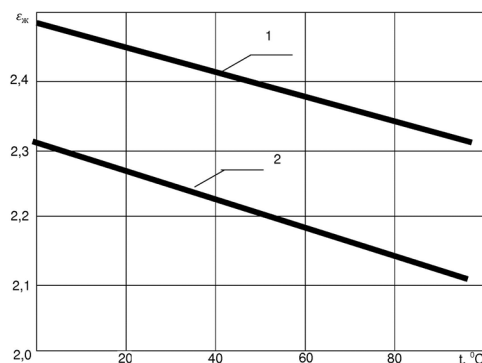


Рисунок 1 – Зависимость диэлектрической проницаемости моторных масел от температуры : 1 – M8; 2 – M10Г2 [2]



**Рисунок 2** – Зависимость диэлектрической проницаемости масла М10Г2 от температуры : 1 – слитого из системы самолета; 2 – в состоянии поставки

По мере увеличения температуры жидкости значения диэлектрической проницаемости жидкости имеют тенденции к уменьшению. Диапазон изменения диэлектрической проницаемости у исследуемых жидкостей лежит в пределах 2,95–1,82. Для каждой конкретной жидкости интервал изменения  $\epsilon_{ж}$  ещё меньше. Так, для масла М8 он лежит в пределе 2,15–2,22 [2]. Замечено влияние на величину диэлектрической проницаемости загрязнённости и обводнённости масла. Величина  $\epsilon_{ж}$  у загрязненного масла больше примерно на 10 % [1]. Аналитическая зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для испытуемых нефтепродуктов выражается уравнением прямой линии [1]:

$$\epsilon_1 = \epsilon_0 - \alpha t,$$

$\epsilon_1$  – диэлектрическая проницаемость при данной температуре;

$\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость при 0 °С;

$\alpha$  – коэффициент изменения диэлектрической проницаемости при изменении температуры на 1 °С;

t – температура жидкости.

Используя способ выбранных точек, были получены значения диэлектрической проницаемости для двух типов нефтепродуктов, которые сведены в таблицу 3 [1].

**Таблица 3** – Значения коэффициентов изменения диэлектрической проницаемости рабочих жидкостей

№ п/п	Тип масла	$\epsilon_0$	$\alpha \cdot 10^3$
1	М8	2,250	1,00
2	М10Г2	2,180	0,950

При наложении силового электрического поля на масло наблюдается изменение его вязкостных характеристик. Одним из возможных объяснений этого процесса может быть изменение пространственной структуры молекул масла, ее упорядочение, в результате чего взаимное скольжение слоёв масла встречает сопротивление [4]. За счет наложения электрического поля и упорядочивания молекул в масле может меняться значение его диэлектрической проницаемости. С целью проверки этого предположения была проведена серия экспериментальных определений значения диэлектрической проницаемости масла, как функции от величины напряженности поля и уровня загрязненности масла. Гранулометрические характеристики проб исследованных масел представлены в таблицах 4 и 5 [5].

**Таблица 4** – Гранулометрические характеристики масла М8

№ пробы	Число частиц загрязнений в 100 см <sup>3</sup> , шт. в диапазоне размеров частиц, мкм				Класс чистоты по ГОСТ 17216-01
	0–5	5–10	10–25	25–50	
1	49016	9907	83	–	11
2	368	34	–	–	4
3	37	5	1	–	0

**Таблица 5** – Гранулометрические характеристики масла М10Г2

№ пробы	Число частиц загрязнений в 100 см <sup>3</sup> , шт. в диапазоне размеров частиц, мкм				Класс чистоты по ГОСТ 17216-01
	0–5	5–10	10–25	25–50	
1	1602	161	57	–	6
2	457	100	11	–	4
3	75	2	–	–	2
4	15	–	–	–	0

Однако, математический анализ величины среднеквадратичного отклонения показывает, что данное изменение величины поля допуска лежит внутри поля допусков при доверительной вероятности 97 %.

Таким образом, в первом приближении можно отметить, что в диапазоне изменения уровня загрязненности от 11 до нулевого класса чистоты при наложении электрического поля не происходит заметных изменений значений диэлектрической проницаемости.

**Список литературы:**

1. Дубовкин Н.Ф., Маланичева В.Г., Массур Ф.П. Физико-технические и эксплуатационные свойства топлив : справочник. – М. : Химия, 1985. – 240 с.
2. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Сафин А.М. Методика оценки эффективности работы электроочистителя. – Ставрополь : СВВАИУ, 1997. – 74 с.
3. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Гимбицкая Л.А. К вопросу о процессах, протекающих в электроочистителях. – Сочи, 1996. – 163 с.
4. Методы исследования характеристик системы обеспечения заправки топливом региональных аэродромов / А.Ф. Коханий [и др.] // Материалы V международной практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 576 с.
5. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Гимбицкая Л.А. Восстановление авиационной техники. – Ставрополь : СВВАИУ, 1994. – 234 с.

УДК 620.9

**ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА**  
 ◆◆◆◆  
**FROM THE HISTORY OF ALTERNATIVE FUEL APPLICATION**

**Божко С.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 bsvinfo60@mail.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 rx6da@mail.ru

**Кузьмин А.В.**

курсант,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 kvvaul@mail.ru

**Мельник Д.А.**

курсант,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье анализируются различные пути перехода на альтернативное топливо в авиации, рассматриваются примеры использования перспективных видов авиационного топлива.

**Ключевые слова:** авиационный газотурбинный двигатель, перспективные виды авиационного топлива, использование альтернативных видов топлива.

**Bozhko S.V.**

PhD in Technical Sciences,  
 Professor,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 bsvinfo60@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
 Associate Professor,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 rx6da@mail.ru

**Kuzmin A.V.**

Cadet,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 kvvaul@mail.ru

**Melnik D.A.**

Cadet,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes various ways to transform to alternative fuel application in aviation, gives examples of promising types of aviation fuel application.

**Keywords:** aviation gas turbine engine, promising types of aviation fuel, alternative types of fuel application.

**П**роцесс массового внедрения альтернативных видов топлива (АВТ) неизбежен, так как определяется объективными причинами ограниченности запасов нефти в мире и возрастающими требованиями по экологии. Наибольшие перспективы, особенно в нашей стране, имеют те альтернативные виды топлива, исходную основу которых составляет природный газ. Как моторное топливо массового использования, природный газ имеет наилучшие перспективы.

Проблема создания АВТ обусловлена следующими глобальными соображениями:

- альтернативные виды топлива, как правило, экологически безопасны, при горении обеспечивают меньше выбросов, усиливающих смог, загрязнение воздуха, способствующих глобальному потеплению;
- большинство АВТ производится из неисчерпаемых, возобновляемых ресурсов и запасов;
- использование АВТ позволяет любому государству повысить энергетическую независимость и безопасность;
- разработка АВТ имеет достаточно продолжительную историю.

На практике альтернативные виды топлива классифицируются:

- По составу: углеводородно-кислотные (в первую очередь этиловые и метиловые спирты), эфиры, эстеры (сложные эфиры, образующиеся при соединении кислот со спиртами), водородные топлива с добавками.
- По агрегатному состоянию: жидкие, газообразные, твердые.
- По объемам использования: полностью, в качестве добавок.

– По источникам сырья для производства: из угля, торфа, сланцев, биомассы, горючего газа, твердых промышленных отходов, электрической энергии и др.

Развернутая в настоящее время ускоренная разработка альтернативных видов топлива фактически представляет собой возвращение к истокам зарождения промышленной энергетики. Историю «борьбы» углеводородного и альтернативного топлив можно проследить по следующим датам:

– 1826 г. Американский изобретатель Сэмюэль Мори создает и патентует двигатель, работавший на спирте и скипидаре.

– 1876 г. Немецкий изобретатель Николас Отто создает первый в мире четырехтактный двигатель внутреннего сгорания, работавший на этаноле.

– 1895 г. немецкий инженер и изобретатель Рудольф Дизель создает дизельный мотор, который работал на арахисовом масле. Более того, длительное время Р. Дизель считал, что растительное масло – более перспективный вид топлива для его двигателя.

– 1896 г. Американский изобретатель Генри Форд изготавливает свой первый автомобиль («квадрицикл»), двигатель которого работал на спирте. В 1908 г. Г. Форд выпустил в продажу свою знаменитую «Модель Т» – первый в истории массовый автомобиль, который мог работать на бензине, этаноле и смеси обоих видов топлива. Г. Форд прибег к использованию этанола, исходя и из экономических соображений: с 1861 г. в США действовали высокие налоги на спирт, введенные во время Гражданской войны. В 1906 г. налоги на спирт были резко уменьшены, что сделало цену этанола сопоставимой с ценой бензина. Кроме того, будучи фермером, Г. Форд считал, что «спиртовое» автомобилестроение будет способствовать развитию сельского хозяйства.

– 1899 г. В Германии искусственно уравниваются цены на этанол и бензин с целью поощрения местных сельхозпроизводителей и уменьшения объема импорта нефти.

– 1907 г. Первая ценовая война этанола и бензина. После начала добычи нефти в Техасе бензин подешевел до 5 центов за литр, при стоимости спирта 7 центов. Цена спирта упала после того, как его начали производить из отходов сахарной промышленности.

– 1914–1918 гг. Во время первой мировой войны автомобили большинства стран наряду с бензином использовали этанол.

– Начало 1920-х гг. В США и многих странах Европы продаются: Koolmotor, Benzalcool, Moltaco, Lattybentyl, Natelite, Alcool, Agrol – смеси бензина и спирта. Франция обязывает нефтяные компании покупать этанол из расчета 10 % их нефтяного импорта. Причиной этого были опасения, что мировых запасов нефти хватит не более чем на четверть века. Спирт виделся единственной альтернативой бензину.

– 1923 г. Этанол используется нефтяниками: американская компания «Standard Oil» первой начала добавлять этанол в бензин, чтобы повысить октановое число и улучшить работу двигателей. Обычно для этих целей в бензин добавлялось 6–12 % спирта.

– 1925 г. Большинство стран Европы вводят законы, обязывающие энергетические компании смешивать бензин и этанол.

– 1933 г. В США поощряется изготовление этанола, таким образом власти пытались обеспечить заказами фермеров в разгар «Великой Депрессии».

– 1937 г. Окончательная и казавшаяся бесповоротной ценовая победа бензина над спиртом. 1 литр бензина в США стоил 5 центов, 1 литр этанола – 8.

– 1941–1945 гг. Во время второй мировой войны в США в бензин, предназначенный для использования невоенными организациями и частными лицами, добавлялось до 30–35 % этанола. Аналогичные меры предприняли Великобритания и Швеция. После окончания войны и резкого снижения цены на нефть, этанол вновь перестал пользоваться популярностью и полностью исчез на рынках.

– 1974 г. В США принят закон, ставящий своей целью заинтересовать бизнес и население в использовании этанола в качестве автомобильного топлива. Причиной этого стало введение в 1973 г. арабскими государствами-экспортерами нефти эмбарго на поставку нефти в США, Японию и Западную Европу, из-за чего цены на бензин выросли в пять раз.

– 1978 г. В США начаты продажи автомобильного топлива, представлявшего собой смесь бензина и спирта. Смесь на треть была дешевле чистого бензина за счет налоговых льгот, предоставленных федеральными властями. Впоследствии эти льготы были увеличены.

– 1979 г. Этанолом в качестве добавки к автомобильному топливу заинтересовались крупнейшие энергетические компании, начавшие производить подобные смеси. Первопроходцем стала компания «Амосо», по стопам которой пошли «Ashland», «Chevron», «Beacon» и «Техасо».

– 1980–1984 г. На проекты, связанные с развитием биоэнергетики, США выделили беспрецедентную сумму – около \$1 млрд. На тот момент в США действовало 10 предприятий, производящих этанол (в 1970 г. не было ни одного, в 1984 г. – более 160-ти). Американский бизнес получил серьезные льготы. Государство списывало с налогооблагаемой базы до 90 % их расходов на строительство спиртзаводов. Кроме того, федеральные агентства обязывались приобретать львиную долю производимого спирта. Были подняты таможенные тарифы, чтобы исключить демпинг со стороны иностранных производителей этанола, и запрещена его перепродажа. Тем не менее, к середине 1980-х гг. многие производители этанола вышли из бизнеса из-за резкого падения цен на бензин.

К 1985 г. закрылось более половины спиртзаводов. Впоследствии США неоднократно вводило новые льготы для производителей этанола.

– 1988 г. Новый всплеск интереса к этанолу. В США приняты законы, регулирующие уровень эмиссии – спирт стал идеальной добавкой для уменьшения вредных выхлопов автомобиля. Впоследствии использование бензиново-этаноловых смесей стало обязательным для общественного транспорта крупных городов, особо страдавших от смога.

– 1989 г. В Дании начато общенациональное использование этанолово-бензиновой смеси.

– Начало 1990-х гг. Во Франции начат промышленный выпуск «диестера» – биодизельного топлива, производимого из рапсового масла. С помощью диестера составляются дизельные смеси: 5 % диестера добавляется в дизельное топливо, предназначенное для использования обычными автомобилями, 30 % диестера – в топливо для машин общественного транспорта.

– 1995 г. В США разразился неурожай кукурузы, цены на этанол выросли вдвое.

– 1997 г. Крупнейшие автопроизводители США вновь начали выпускать автомобили, способные использовать в качестве топлива бензиново-этаноловую смесь Е85. Однако автолюбители продолжали использовать бензин из-за отсутствия Е85 на подавляющем большинстве АЗС.

– 2003 г. Ряд штатов США начинают реализацию программ по переводу автомобильного парка на этаноловое топливо.

– 2004 г. Мировые цены на нефть выросли на 80 %, цены на бензин в США – на 30 %, на дизельное топливо – на 50 %. Американские производители этанола произвели рекордное количество спирта. Крупные нефтяные компании начинают инвестировать в компании, специализирующиеся на производстве спирта и биодизельного топлива.

В последующие годы тенденции увеличения производства альтернативного топлива сохранялись, особенно это характерно для европейских государств.

На заре авиации было всего три типа двигателей: паровой, электрический и бензиновый. У парового двигателя было недостаточно мощности для полета самолета. Электрический двигатель требовал везти с собой очень тяжелые свинцовые аккумуляторы. Двигатель внутреннего сгорания был намного мощнее парового и мощнее электрического при том же весе силовой установки. Таким образом, исторически сложилось, что авиация использует двигатели внутреннего сгорания, а топливом для них являются продукты перегонки нефти – керосин и бензин.

В связи с этим под альтернативными видами топлива будем понимать любые виды топлива, которые не являются нефтепродуктами.

Впервые о переходе на альтернативное топливо задумались американские авиаконструкторы в самом начале «Холодной» войны (середина сороковых годов прошлого века). Им потребовалось увеличить дальность стратегических бомбардировщиков.

### **Биотопливо как альтернатива нефтепродуктам**

Биотопливо – топливо, которое производится из возобновляемых ресурсов. Оно бывает твердым, жидким и газообразным. В этом разделе рассмотрим только то топли-

во, которое можно использовать в авиации без разработки новых двигателей – жидкое биотопливо. Это спирты и эфиры, получаемые из различных растений.

Для использования топлива в авиации оно должно иметь ряд физико-химических свойств.

Существует три основных фактора, которые критичны для топлива, используемого для самолётов:

– детонационная стойкость, показатель которой значительно выше, чем у автомобильного горючего;

– фракционный состав (он является определяющим для температуры вскипания бензина, его испаряемости);

– химическая стабильность (способность противостоять изменениям химического состава при хранении, транспортировке и применении).

Таким требованиям соответствуют следующие разработки:

– Биотопливо из сахара (новый способ синтеза авиационного биотоплива из сахаров, содержащихся в сахарном тростнике и жмыхе (растительных отходах производства).

– Биотопливо из водорослей.

– Биотопливо из табака.

– Биодизельное топливо (Биодизель, или биодизельное топливо – жидкое моторное биотопливо, которое получают из жиров. Источником жиров могут служить различные растительные масла или животные жиры. В основном, источником жиров является рапсовое масло, соя, пальмовое масло, ятрофа, кокосовое масло и касторовое масло (в разных странах различные источники).

Несмотря на то, что переход на альтернативное топливо на текущем этапе развития представляется достаточно проблематичным ввиду отсутствия необходимой инфраструктуры, относительной дешевизны нефтепродуктов и малым объемом выпуска альтернативного топлива, человечество осознает ограниченность и неудовлетворительную экологичность топлива, полученного из нефти. Поэтому разработки, направленные на широкое применение альтернативного топлива и соответствующих двигателей весьма актуальны и перспективны.

### Список литературы:

1. Божко С.В., Снетков Д.А., Терехов В.В. Направления улучшения и оптимизации авиационных двигателей // Сб. научных статей IX Международной НПК молодых ученых, посвященной 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 12–13.04.2019 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 31–317.
2. Божко С.В., Терехов В.В., Кирилова Е.А. Огненные моторы // Сб. научных статей XI Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 18–19 декабря 2020 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 222–225.
3. Божко С.В., Терехов В.В., Тылипцев М.О. Другое пятое поколение. Маневренность вместо незаметности // Сб. научных статей X Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 18–19 декабря 2019 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 183–188.
4. Божко С.В., Шевцов Ю.Д., Фадеев Е.Д. Методика определения температуры вспышки и щелочного запаса при оценке качества моторного масла // Сб. научных статей VIII Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 20–22 декабря 2017 года / КВВАУЛ, ФГБОУ «КубГУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 409–411.
5. Божко С.В., Курбасов А.М., Харчевский Н.В. Роторный двигатель // Сб. научных статей XI Международной НПК молодых ученых, посвященной 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 13–15.04.2021 года / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 146–149.
6. Шарапов К.А., Божко С.В., Савченко М.М. Анализ парка учебных самолетов иностранного производства // Сборник научных статей II Международной НПК «Научный потенциал вуза – производству и образованию», посвященной 150-летию со дня рождения Б.Л. Розинга, 04–05 декабря 2019. – Армавир.
7. Иностранцы самолеты для начальной летной подготовки / С.В. Божко [и др.] // Сб. науч. статей X Международной НПК мол. ученых, посв 59-й год. полета Ю.А. Гагарина в космос 13–14 апреля 2020 / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 80–84.

УДК 62–932.4

**КАК ВЛИЯЕТ ВЯЗКОСТЬ МАСЛА НА НАДЕЖНОСТЬ  
МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**



**HOW DOES OIL VISCOSITY AFFECT THE RELIABILITY OF  
AIRCRAFT ENGINE OIL SYSTEMS**

**Гимбицкая Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
ludgim@yandex.ru

**Гимбицкий В.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gimva@yandex.ru

**Думнов Е.Е.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено влияние вязкости моторных масел на надежность масляных систем в различных стадиях эксплуатации ЛА. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования загрязненных рабочих жидкостей и возможность продления их срока службы. На основе проведенного анализа авторами исследованы условия проявления влияния вязкости моторных масел на надежность работы двигателя ЛА в различных марках масла в различных местах взятия проб.

**Ключевые слова:** вязкость, напряженность поля, долговечность машин, суспензия, дуплеты частиц, коэффициент динамической вязкости, градиент скорости, вискозиметр, время истечения жидкости.

**Gimbitskaya L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
ludgim@yandex.ru

**Gimbitsky V.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gimva@yandex.ru

**Dumnov E.E.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** This article examines the effect of the viscosity of motor oils on the reliability of oil systems at various stages of aircraft operation. The main unsolved problem of the study of contaminated working fluids and the possibility of extending their service life has been identified and substantiated. Based on the analysis carried out, the authors investigated the conditions for the manifestation of the influence of the viscosity of motor oils on the reliability of the aircraft engine in various brands of oil at various sampling sites.

**Keywords:** viscosity, field strength, durability of machines, suspension, particle duplets, dynamic viscosity coefficient, velocity gradient, viscometer, fluid expiration time.

**В**ажной характеристикой масла является ее вязкость. Она во многом определяет надежность, долговечность машин, а также величину их коэффициента полезного действия [4]. Вязкость – это свойство материала, которое связывает вязкие напряжения в материале со скоростью изменения деформации (скоростью деформации). Хотя это применимо к общим потокам, его легко визуализировать и определить в простом потоке сдвига, таком как плоский поток Куэтта [1].

Вязкость – важное свойство жидкостей. Она бывает динамической и кинематической. Разные жидкости обладают разной вязкостью, для некоторых этот показатель определяет их промышленное использование. Масла – это продукты, которые извлекаются из сырья, состоят из различных кислот и сопутствующих компонентов (воски, стеролы, красящие пигменты и пр.). Вязкость масел обусловлена молекулярной массой кислот, которые входят в их состав. Чем она больше, тем, соответственно, масло более вязкое.

В целом вязкость натуральных масел колеблется в узком диапазоне, она примерно в 158 раз больше вязкости воды [1].

Нефть является маслянистой горючей жидкостью природного происхождения. Она состоит из сложной смеси углеводородов с разной молекулярной массой и некоторых других компонентов. Вязкость этой жидкости, как и плотность, представляет собой ее важ-



нейшее физическое свойство. Ее значение колеблется в широких пределах и составляет 2–300 мм<sup>2</sup>/с (при температуре 20 °С), средний же показатель равен 40–60 мм<sup>2</sup>/с.

От вязкости нефти зависят ее технологические характеристики [2]:

- подвижности ископаемого в пласте в процессе его добычи;
- скорость фильтрации в пласте;
- мощность применяемого насоса для выкачивания вещества;
- тип вытесняющего агента;
- условия транспортировки «черного золота» по нефтепроводу.

Показатель вязкости нефти позволяет примерно оценить ее состав: чем выше это значение, тем больше в веществе молекулярный вес фракций. Высоковязкая нефть (более тяжелая) содержит много смолисто-асфальтеновых компонентов, что затрудняет процесс ее переработки. Такой продукт труднее транспортировать и перерабатывать.

Растворенный в нефти газ также влияет на ее вязкость: углеводороды разжижают продукт, а азот, напротив, повышает вязкость.

Для перекачивания нефти в промышленности применяют винтовые, поршневые и центробежные аппараты.

Для смазочных материалов, например моторного масла, вязкость является главной характеристикой. Она определяет толщину и несущую способность масляной пленки между трущимися деталями. Чем выше показатель вязкости, тем больше нагрузки выдерживает смазочный материал при взаимном движении деталей, тем меньше их износ.

В любом смазочном материале содержатся специальные присадки (полимеры). Их процентное содержание в составе отвечает за его вязкость.

Для перекачивания смазки, как правило, используют пневматические поршневые насосы.

Вязкость – свойство жидкостей и дисперсных систем сопротивляться перемещению одного слоя относительно другого, обусловленное силами межмолекулярного взаимодействия вследствие проявления сил внутреннего сцепления (трения).

А. Эйнштейн в 1906 году показал, что наличие в потоке взвешенных частиц загрязнений приводит к увеличению вязкости жидкости. Для суспензий с частицами в виде изолированных твердых сфер он получил следующую формулу для определения коэффициента динамической вязкости:

$$\mu = \mu_0 \cdot (1 + KC),$$

где  $\mu_0$  – коэффициент динамической вязкости масла без примесей,  
 $K$  – множитель = 2,5,  
 $C$  – объемная концентрация взвешенных частиц.

Эйлер и Роско в 1912 году [5] сравнили результаты формулы с экспериментальными данными. Приведенные соотношения справедливы лишь для малых концентраций (примерно 0,25 %). С увеличением концентрации фактическая вязкость суспензии растет, что вызвано образованием короткоживущих дуплетов и триплетов частиц, которые «сковывают» масло в промежутке между частицами. Для таких суспензий вязкость определяется [4]:

$$\mu = \mu_0 \cdot (1 - C)^{-2,5}$$

Наблюдения показали, что взвешенные в жидкости частицы в форме, отличной от сферической, стремятся в потоке расположиться так, чтобы их наибольший размер располагался параллельно скорости течения. При увеличении градиента скорости вязкость стремится к некоторому асимптотическому значению [1]. Если концентрация твердых частиц в масле высокая, то эта суспензия обладает способностью противостоять приложению силы, стремящейся вызвать ее течение. Такие суспензии, которые текут лишь после превышения избыточной скорости сдвига, называют «телами Бингама» по имени их первооткрывателя. Оценивая максимально допустимую объемную концентрацию загрязненности масел систем авиационной техники ( $C = 0,010$  %), нетрудно догадаться, что относительное изменение вязкости равно [5]:

$$\Delta\mu = \frac{\mu_0 \cdot (1+KC)}{\mu_0} \cdot 100\% \approx 0,025\%$$

Этот пример показывает, что при расчете утечек через щелевые уплотнения агрегатов повышением вязкости жидкости, вызванным наличием загрязнений, можно пренебрегать из-за его малости.

Исследование изменения вязкости масла при наложении силового электрического поля выполнялось на установке, основным рабочим элементом которой является вискозиметр типа ВПЖ с **диаметром капилляра 1,02 мм. Во внутреннюю полость капилляра введено два медных электрода диаметром 0,5 мм.** Один из электродов изолирован слоем эмалевой изоляции. Второй электрод не имеет изоляционного покрытия. К электродам подключались проводники от источника высокого напряжения типа УПУ-1М. Величина напряжения достигала 2 кВ. При больших значениях разности потенциалов возникал пробой изоляционного покрытия. В капиллярной части напряженность электрополя достигала в месте соприкосновения электродов величины порядка  $10^6$  В/мм [4].

Наложение внешнего электрополя на масло может привести к кажущемуся изменению вязкости за счет дополнительного сопротивления движению частиц загрязнения, движущихся в электрополе поперек вектора скорости жидкости.

С целью оценки влияния напряженности электрического поля и концентрации загрязнения на вязкость было поставлено две серии экспериментов. В первой серии масло М10Г2 проливалось через вискозиметр ВПЖ-4 с диаметром капилляра 0,85 мм, помещенный между двумя электродами. Электроды размещались вокруг капилляра. К ним подводилась разность потенциалов от источника высокого напряжения. Чистота исследуемого масла соответствовала седьмому классу чистоты по ГОСТ 17216-01 [3]. Вискозиметр помещался в глицериновую ванну при температуре  $+50$  °С и после подачи разности потенциалов производилось измерение времени истечения контрольного объема жидкости. Вязкость жидкости при этом определялась по формуле [2]:

$$v = \frac{g}{980,7} \cdot t \cdot C$$

где  $v$  – кинематическая вязкость;  
 $C$  – константа вискозиметра;  
 $t$  – время истечения жидкости;  
 $g$  – ускорение свободного падения.

В процессе испытаний в этом случае использовались два типа электродов. Длина электродов выбиралась таким образом, что время обработки жидкости составляло не менее 1 минуты.

Результаты проводимых измерений вязкости масла М10Г2 в этой серии представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Вязкостные характеристики М10Г2

Конфигурация электродов	Вязкость жидкости при напряженности поля В/мм								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Плоские	9,93	9,74	9,80	9,96	9,30	9,76	9,62	9,86	9,86
Полукруглые	9,93	9,93	9,65	9,79	9,79	9,75	9,85	9,88	9,88

Анализ данных значений вязкости как функции от температуры показывает, что при изменении напряженности электрического поля от 0 до 5 кВ/мм изменения вязкости не наблюдается. Однако, следует оговорить, что при проведении данной серии испытаний имеется один методический недостаток [3]. Так как электроды были расположены вне полости капилляра, то фактическое значение напряженности поля в капилляре было значительно ниже, чем 5 кВ/мм. В первом приближении напряженность поля в капилляре меньше, чем расчетное значение напряженности на величину, кратную диэлектрической проницаемости стекла, т.е. в 5–8 раз. С целью устранения этого методического недостатка была реализована серия испытаний, в которой два электрода размещались непосредственно внутри капилляра. Максимальная напряженность поля в этом случае достигала значительной величины (до 1000 кВ/мм в зоне контакта провод-

ников, введенных в капилляр). Поскольку константа вискозиметра в этом случае нарушалась, выполнялось измерение времени истечения с последующим определением относительного изменения вязкости. Нетрудно показать, что относительное изменение вязкости в % можно определить по формуле [5]:

$$\Delta v = \frac{t_0 - t_E}{t_0}$$

Результаты измерений, проведенных на двух маслах, представлены в таблице 2 [4].

**Таблица 2** – Измерение относительной вязкости в силовом электрическом поле в зависимости от уровня загрязненности жидкости

Содержание частиц в 100 см <sup>3</sup> шт., в диапазоне размеров, мкм					Время истечения, с	Δv, %	
0–5	5–10	10–25	25–50	50			
Масло М8							
368	34	–	–	–	74	74	0
49016	9907	83	–	–	102	90	13,4
Масло М10Г2							
127	6	–	–	–	981	981	0
19233	2142	200	2	–	871	810	7

Видно, что в маслах, загрязненных до уровня 10–11 классов, произошло изменение вязкости на 7–13 %. Следует отметить, что вместо ожидаемого увеличения вязкости, произошло её уменьшение, т.е. при наложении электрического поля наблюдается упорядочение режима течения, что приводит к уменьшению величины гидравлического сопротивления [5].

Таким образом, наложение силового электрического поля на сильно загрязненную жидкость приводит к значительному снижению вязкости. Данное явление необходимо учитывать при расчете ЭО масла. Кроме того, оно может быть использовано при разработке устройств, уменьшающих гидравлические потери при течении масла.

**Список литературы:**

1. Дубовкин Н.Ф., Маланичева В.Г., Массур Ф.П. Физико-технические и эксплуатационные свойства топлив : справочник. – М. : Химия, 1985. – 240 с.
2. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Сафин А.М. Методика оценки эффективности работы электроочистителя. – Ставрополь : СВВАИУ, 1997. – 74 с.
3. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Гимбицкая Л.А. К вопросу о процессах, протекающих в электроочистителях. – Сочи, 1996. – 163 с.
4. Методы исследования характеристик системы обеспечения заправки топливом региональных аэродромов / А.Ф. Коханий [и др.] // Материалы V международной практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 576 с.
5. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Гимбицкая Л.А. Восстановление авиационной техники. – Ставрополь : СВВАИУ, 1994. – 234 с.

УДК 62-932.4

**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ МАСЛА  
НА НАДЕЖНОСТЬ МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ  
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**



**ON THE ISSUE OF THE INFLUENCE OF THE ELECTRICAL STRENGTH OF  
OIL ON THE RELIABILITY OF OIL SYSTEMS OF  
AIRCRAFT ENGINES**

**Гимбицкая Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
ludgim@yandex.ru

**Гимбицкий В.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gimva@ yandex.ru

**Осипчук Н.А.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gimva@ yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрено влияние электрической прочности моторных масел на надежность масляных систем в различных стадиях эксплуатации ЛА. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования загрязненных рабочих жидкостей. На основе проведенного анализа авторами исследованы условия проявления влияния электрической прочности моторных масел на надежность работы двигателя ЛА в различных марках масла в различных местах взятия проб.

**Ключевые слова:** электрическая прочность, напряженность поля, электрическое сопротивление, обводненность масла, фильтрация, жидкий диэлектрик, носители заряда, лобовое сопротивление частиц.

**Gimitskaya L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
ludgim@yandex.ru

**Gimitsky V.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gimva@ yandex.ru

**Osipchuk N.A.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gimva@ yandex.ru

**Annotation.** This article examines the influence of the electrical strength of motor oils on the reliability of oil systems at various stages of aircraft operation. The main unsolved problem of the study of contaminated working fluids has been identified and substantiated. Based on the analysis carried out, the authors investigated the conditions for the manifestation of the influence of the electrical strength of motor oils on the reliability of the aircraft engine in various brands of oil at various sampling sites.

**Keywords:** electrical strength, field strength, electrical resistance, oil water content, filtration, liquid dielectric, charge carriers, drag of particles.

Электрическая прочность масла зависит от большого числа факторов, к которым относятся как факторы, обусловленные свойствами самого масла (подвижностью и концентрацией носителей заряда, вязкостью, химической структурой), так и внешними условиями (температурой, давлением) и уровнем загрязненности жидкости (количеством и составом загрязнителя) [1].

Электрическая прочность является важной характеристикой масла. Как известно, величина действующей на заряженную частицу электрической силы пропорциональна напряженности электрического поля. С учетом этого в устройствах для электроочистки целесообразно поддерживать максимальное значение напряженности. Однако, при определенных значениях напряженности в маслах типа М10Г2 и М8 возникает пробой, что может привести к созданию аварийной ситуации на электроочистителе.

Измерения электрической прочности исследуемых масел выполнялись при помощи установки. Она состоит из измерительной кюветы емкостью 1,5 литра, расположенной в термошкафу. В кювете установлены две бронзовые полированные сферы, радиус которых составляет 50 мкм. Расстояние между сферами изменялось микроскопическим винтом.

Разность потенциалов обеспечивалась при помощи универсальной пробойной установки типа УПУ-1. Значение разности потенциалов контролировалось при помощи встроенного в установку УПУ-1 киловольтметра. Каждое измерение проводилось от трех до девяти раз с последующей обработкой результатов измерения методами математической статистики [2]. Значение  $\rho_{жс}$  с повышением температуры уменьшается. Так же как и для  $\epsilon_{ж}$  обнаружено влияние на величину  $\rho_{ж}$  загрязненности и обводненности масла. Наибольшим удельным электросопротивлением обладает обезвоженное чистое масло; минимальное значение  $\rho_{ж}$  имеет масло, взятое на анализ из автомобиля, в котором обнаружены вода и загрязнения.

Повышение температуры, а значит, и снижение вязкости, приводит к росту подвижности носителей заряда, что и ведет к снижению удельного объемного сопротивления  $\rho_{ж}$ .

Можно предположить, что величина  $\rho_{ж}$  в диэлектрических жидкостях зависит от концентрации носителей заряда, которыми в нашем случае является вода и загрязнения. Так. Например, у жидкости М10Г2, слитой из гидросистемы автомобиля, увеличение температуры от 20 °С до 100 °С вызывает падение удельного объемного сопротивления примерно в пять раз [2].

Важными характеристиками, лимитирующими работоспособность ЭО, являются: напряженность электрического поля при пробое  $E_{пр}$  и напряжение пробоя  $U_{пр}$ . Увеличение температуры приводит к значительному уменьшению значения  $E_{пр}$ . При увеличении температуры жидкости от 20 °С до 100 °С величина  $E_{пр}$  снижается практически в четыре раза, с 14 кВ/мм до 3,5 кВ/мм. Происходит снижение  $E_{пр}$  и при увеличении расстояния между электродами [4].

К снижению  $E_{пр}$  ведет увеличение концентрации загрязнений в жидкости [4].

Величина  $U_{пр}$  при увеличении расстояния между электродами соответственно увеличивается. Если в чистой жидкости значение  $E_{пр}$  достигает 15 кВ/мм. То при весовой концентрации загрязнений около 0,05 % независимо от природы загрязнения, величина  $E_{пр}$  падает до 5 кВ/мм.

Известно несколько теорий, объясняющих пробой жидкого диэлектрика [1, 2]. К ним относится пробой через газовый тоннель и пробой через частицы загрязнений, образующих под действием электростатических сил мостики между электродами. При наличии некоторой разности потенциалов пузырьки воздуха, растворенные в жидкости, под действием эл/статических сил выстраиваются между электродами и возникает пробой газовой полости. При пробое возникает ионизация газа в газовом тоннеле, что способствует продолжению пробоя, так как потребная разность потенциалов для поддержания пробоя при этом несколько снижается. При увеличении расстояния между электродами разность потенциалов, необходимая для пробоя диэлектрической жидкости, все время увеличивается. В области малых концентраций загрязнений наблюдается резкое изменение величины напряженности пробоя [5].

При образовании мостика из твердых или жидких частиц загрязнений между электродами происходит или пробой через проводящий мостик (это в случае электропроводящих частиц) или поверхностный пробой (это в случае диэлектрических частиц). При этом мостик из частиц разрушается [3]. Но на месте пробоя остаются газовые полости, а далее пробой происходит так, как и в случае пробоя через газовый тоннель. Это явление объясняется тем, что при увеличении расстояния между электродами уменьшается напряженность поля в межэлектродной зоне. А значит, уменьшаются силы, извлекающие частицы загрязнений, выстраивающие их в проводящий мостик между электродами. При этом напряженность пробоя между электродами уменьшается. При увеличении расстояния между электродами увеличивается количество частиц загрязнений. Вероятность построения проводящих мостиков возрастает. Повышение температуры жидкости увеличивает подвижность частиц загрязнений и уменьшает силы гидродинамического сопротивления движению частиц носителей заряда, находящихся под воздействием электростатических сил, и соответственно вызывает уменьшение напряженности пробоя [1].

Было проведено исследование изменения этой зависимости в области малых значений концентрации загрязнений. В таблице 1 представлены данные анализа уровня загрязненности рабочих жидкостей [2].

По мере увеличения уровня загрязненности от первого до восьмого – десятого класса чистоты наблюдается резкое снижение электрической прочности [3]. Начиная от восьмого класса и выше, электрическая прочность жидкости уже не зависит от увеличения концентрации загрязнения. Объясняется этот процесс так. В области малых концентраций загрязнений частицы загрязнений, являющиеся основными носителями заряда, обеспечивают перенос его от одного электрода к другому [2]. Увеличение количества частиц в межэлектродной части приведет к увеличению электропроводности за счет суммирования величины переносимых зарядов.

**Таблица 1** – Загрязненность рабочих жидкостей при анализе электрической прочности

№ пробы	Число частиц загрязнений в 100 см <sup>3</sup> при размере частиц, мкм					Класс чистоты
	5–10	10–25	25–50	50–100	100	
Масло М8						
1	32437	2810	39	–	–	9
2	4512	106	–	–	–	6
3	534	37	1	–	–	3
4	154	1	–	–	–	2
5	17	–	–	–	–	0
Масло М10Г2						
6	20570	1785	60	–	–	9
7	8449	479	33	–	–	8
8	2906	246	2	–	–	5
9	930	59	2	–	–	2
10	374	9	1	–	–	2
11	33	18	–	–	–	1

При повышении концентрации до уровня пятого – восьмого классов чистоты меняется характер процесса [3]. Так как при увеличении количества частиц растет вероятность взаимодействия частиц, движущихся от разноименно заряженных частиц навстречу друг другу, то возникает вероятность их контакта в межэлектродной зоне. В процессе контакта двух разноименно заряженных частиц, соприкасающихся за счет сил кулоновского взаимодействия, могут образовываться глобулы (образования) из двух или более частиц. Заряд этих частиц при контакте может уравниваться или уменьшаться на величину их алгебраической разности. Сила лобового сопротивления движению частиц для такого образования резко возрастает.

**Список литературы:**

1. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Гимбицкая Л.А. Восстановление авиационной техники. – Ставрополь : СВВАИУ, 1994. – 234 с.
2. Дубовкин Н.Ф., Маланичева В.Г., Массур Ф.П. Физико-технические и эксплуатационные свойства топлив : справочник. – М. : Химия, 1985. – 240 с.
3. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Сафин А.М. Методика оценки эффективности работы электроочистителя. – Ставрополь : СВВАИУ, 1997. – 74 с.
4. Мозговой В.И., Ковалев В.Д., Гимбицкая Л.А. К вопросу о процессах, протекающих в электроочистителях. – Сочи, 1996. – 163 с.
5. Методы исследования характеристик системы обеспечения заправки топливом региональных аэродромов / А.Ф. Коханый [и др.] // Материалы V международной практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 576 с.
6. Гордиенко С.А., Курбасов А.М. Актуальность применения мультязычных электронных обучающих курсов для инженерно-технической подготовки иностранных военнослужащих, не владеющих языком обучения // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 127–130.
7. Гордиенко С.А., Курбасов А.М. Пути совершенствования макротерминосистемы эксплуатации авиационной техники как совокупности частных микротерминосистем преподаваемых дисциплин // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 139–142.

8. Гордиенко С.А., Курбасов А.М., Попов А.А. Курсовая работа как способ формирования профессиональной компетентности курсанта летного вуза в области наземной инженерно-технической подготовки // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. сборник материалов XXI Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2020. – С. 111–114.
9. Гордиенко С.А., Курбасов А.М., Попов А.А. Пример формирования элементов терминосистемы в области эксплуатационных ограничений силовой установки самолета // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. сборник материалов XXI Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2020. – С. 115–120.
10. Гордиенко С.А., Курбасов А.М., Маркелов В.И. Валидность программных оболочек для диагностирования образовательных достижений национальных военных кадров // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 127–130.

УДК 21474

**ПРИМЕНЯЕМЫЕ СПОСОБЫ УДАЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
ИЗ МОТОРНЫХ МАСЕЛ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**



**APPLIED METHODS OF REMOVING IMPURITIES  
FROM ENGINE OILS OF AIRCRAFT ENGINES**

**Гимбицкая Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
ludgim@yandex.ru

**Гимбицкий В.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gimva@yandex.ru

**Дюдяев М.С.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены классификации различных способов удаления загрязнений моторных масел самодвижущихся машин в различных стадиях их эксплуатации. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования способов очистки загрязненных рабочих жидкостей. На основе проведенного анализа авторами исследованы существующие способы и методы удаления ненужных присадок и загрязнений из моторных масел авиационных двигателей.

**Ключевые слова:** механические примеси, рабочие жидкости, класс чистоты, физические способы очистки, гравитационный метод, грязеемкость, ферромагнитные частицы.

**Gimbitskaya L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
ludgim@yandex.ru

**Gimbitsky V.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gimva@yandex.ru

**Dyudyaev M.S.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** This article discusses the classifications of various methods of removing contaminants from motor oils of self-propelled machines at various stages of their operation. The main unsolved problem of the study of methods for cleaning contaminated working fluids has been identified and substantiated. Based on the analysis carried out, the authors investigated the existing methods and methods for removing unnecessary additives and contaminants from engine oils of aircraft engines.

**Keywords:** mechanical impurities, working fluids, purity class, physical cleaning methods, gravity method, dirt capacity, ferromagnetic particles.

**М**асла защищают от попадания в них загрязнений и очищают различными методами. ГОСТ 6370-19 содержание механических примесей в количестве до 0,005 % по массе трактует как их отсутствие. Между тем, допускаемая загрязненность 0,005 % по массе означает, что в 100 см<sup>3</sup> (масса 83,5 г) масла может содержаться механических примесей в количестве 41,75\*10<sup>-4</sup> г. Если предположить, что все примеси состоят из твердых частиц кубической формы, то в 100 см<sup>3</sup> рабочей жидкости будет находиться количество частиц загрязнений определённого размера [1] (табл. 1):

Таблица 1

Частиц, шт.	Размером, мкм	Частиц, шт.	Размером, мкм
5,35*10 <sup>2</sup>	100	5,38*10 <sup>3</sup>	10
4,25*10 <sup>3</sup>	50	4,28*10 <sup>6</sup>	5
3,42*10 <sup>4</sup>	25	6,69*10 <sup>7</sup>	2
6,69*10 <sup>4</sup>	20	5,35*10 <sup>8</sup>	1

Такое количество загрязнений в маслах совершенно недопустимо. Способствовать удовлетворению возросших требований к чистоте масел призван ГОСТ 17216-01 «Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей». В соответствии с этим ГОСТ и требова-



ниями заводов масла считаются пригодными для заправки в системы ЛА, если класс чистоты не превышает 8. Уровень чистоты в процессе эксплуатации не улучшается и составляет уже 9–13 классы чистоты [2]. Теоретически можно предположить, что любой фильтр обеспечивает удаление не менее 97 % загрязнений за один проход [3]. Таким образом, для очистки масел могут применяться различные способы, методы и технические средства. При этом предпочтительны физические способы очистки, позволяющие удалять из масла твердые загрязнения, воду и частично легкие топливные фракции [1].

Гравитационный метод очистки масел от загрязняющих примесей и воды – прост, но малоэффективен и длителен. Степень очистки примесей не более 20 ... 80 мкм при обычных температурах, а при пониженных он вообще не эффективен [4]. Процесс отстаивания зависит от плотности, вязкости и степени загрязненности масел и не обеспечивает необходимой чистоты масла. Поэтому этот метод применяют чаще всего для предварительной очистки.

Продолжительность очистки масел от различных инородных примесей значительно сокращается при использовании центробежных сил путем вращательного движения масла в неподвижных аппаратах (гидроциклонах) и подачи масла во вращающийся аппарат (центрифугу). Более широкое применение нашли различные центробежные аппараты. Они могут быть с электрическим, механическим и гидравлическим приводами. Конструкции этих устройств – центрифуг – самые разнообразные, отличающиеся друг от друга принципиальными схемами, системой подачи гидропотоков масла; они могут быть низко- и высокочастотными.

Очистка с использованием сил электрического поля позволяет проводить процесс обезвоживания масел, а используемое оборудование малогабаритно и конструктивными особенностями дает возможность автоматизировать технологический процесс.

Магнитные очистители эффективно удаляют ферромагнитные частицы, образующиеся в результате износа машин.

Загрязненные масла, попадая в поле упругих колебаний вибрационных очистителей, более динамично освобождаются от твердых частиц за счет коагуляции.

Водной промывкой удаляют из масел водорастворимые низкомолекулярные кислоты, соли органических кислот и некоторую долю углеводородных соединений.

Выпариванием при температурах 80–110 °С масел обеспечивают обезвоживание и удаление из них легкокипящих фракций. Этот процесс весьма энергоемок и продолжителен, реализуется при давлении 25–30 кПа и требует специальных нагревателей и вакуумных устройств [4].

Из физических методов также наиболее распространен метод фильтрования через пористые перегородки фильтрующих материалов: бумаги, спецканей, всевозможных набивок различных веществ и др. Он обеспечивает тонкость фильтрации при грубой очистке – 100–70 мкм, средней – 20–70 мкм, тонкой – 1–20 мкм, ультрафильтрации – менее 0,1 мкм [2]. Недостатки этого метода – большой расход эксплуатационных материалов, необходимость тщательной утилизации, снижение эффективности очистки в процессе фильтрации (по времени функционирования). Ограничение возможностей фильтрации вызвано следующими, присущими данным фильтроэлементам, недостатками: небольшая грязеемкость, малый ресурс, большое гидросопротивление, недостаточная прочность и пластичность фильтроэлементов, невозможное изменение характеристик фильтроэлементов, необходимость соблюдения химической совместимости материала пористой перегородки и корпуса фильтра с очищаемой средой, миграция загрязнений из фильтроматериалов в очищаемую среду.

В таблице 2 приведены сведения по фильтрации рабочих жидкостей.

Биометрические методы разделения смесей сложны и дорогостоящи. Методы очистки с использованием полупроницаемых мембран (очистка до 0,1 мкм и выше) экономически просты, но требуют периодической промывки и пока не освоены в авиационной промышленности. Известны также комбинированные способы очистки, основанные на одновременном использовании нескольких: силовых полей и пористых фильтрующих перегородок; центробежного и магнитного полей; центробежного поля с фильтрованием; вибрационного фильтрования и мембран.

**Таблица 2** – Свойства фильтрованного материала

Фильтрованный материал / свойства	Фильтровальная бумага АБРК ТУ 37459	Сетка саржевого плетения 80/120 ТУ-62	Пористая нержавеющая сталь ФСН-5 МРТУ 14-284-66
Тонкость фильтрации, мкм	10–15	12–16	5–8
Пропускная способность, л/мин	200	5–200	20–135
Стоимость 1 м <sup>2</sup> , тыс.руб.	50–80	600–700	1200
Возможность многократного применения	нет	есть	есть

Физико-химические методы (адсорбционный и селективный) дают довольно высокое качество очистки, но требуют сложного оборудования, дорогостоящий адсорбентов, кислот, растворителей и других технологических компонентов. Химические методы очистки основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, вводимых в эти масла реагентов. В результате химических реакций образуют соединения, легко удаляемые из масел. Наиболее предпочтительными являются: гидрогенизация; с помощью окислов, карбидов и гидридов металлов; кислотная и щелочная очистка.

Следующий метод очистки определяется как воздействие силового поля на взвешенные в жидкости частицы загрязнений. В зависимости от природы поля силовые очистители разделяются на три группы: гравитационные; центробежные; электрические.

Гравитационные очистители, обладая простой и дешевой энергией, имеют низкую эффективность удаления частиц загрязнений. Подробный анализ способов очистки масел показал, что наиболее широко применима и рациональна в условиях авиационной промышленности в настоящее время центробежная очистка [1]. Однако, из-за некоторых присущих только ей недостатков (конструктивная сложность, наличие подвижных частей, большой вес, высокие энергозатраты), применение центрифуг в авиации не решает проблемы очистки полностью [5]. Существующие технические средства для очистки масел в промышленности подразделяются по назначению и видам работ, месту их выполнения, конструкции, способу обслуживания и т.д. Очевидна и актуальна задача разработки новых перспективных способов очистки, позволяющих увеличить чистоту жидкостей и снизить ее себестоимость.

Проблема чистоты жидкостей актуальна во всех отраслях машиностроения. Анализ проб, выполненных на базе ГСМ «ЛУКОЙЛ – Ставрополь», показал, что содержание механических примесей достигает (в граммах на тонну) в дизельном топливе – 400, в бензине – 100, в керосине – 197, в дизельном масле – 1422 [2]. В отдельных случаях на 1 л топлива, слитого из бака автомобиля и трактора, проработавшего в запыленных условиях, обнаружено более 2,5 г загрязняющих веществ.

### **Список литературы:**

1. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Новиков Е.А. К вопросу об особенностях работы двигателя внутреннего сгорания и дизельного агрегата // Сборник научных статей XXXI Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: вопросы точных и технических наук». – СПб., 2020. – 179 с.
2. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата // Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – СПб. : Изд-во «КультИнформПресс», 2019. – 188 с.
3. Методы исследования характеристик системы обеспечения заправки топливом региональных аэродромов / А.Ф. Коханий [и др.] // Материалы V международной практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 576 с.
4. Влияние промывки гидросистемы на состояние летательных аппаратов / А.Ф. Коханий [и др.] // Материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 53-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА». – 432 с.
5. Методы контроля состояния элементов гидросистемы самолета / А.Ф. Коханий [и др.] // Материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 53-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА». – 432 с.

УДК 678.8

**ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**  
 ◆◆◆◆  
**APPLICATION OF CARBON PLASTICS IN THE AEROSPACE INDUSTRY**

**Хайрулин А.П.**

курсант,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 kvvaul@mail.ru

**Куликов М.В.**

кандидат технических наук,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 mvkulikov@list.ru

**Куликова Т.А.**

кандидат химических наук, доцент,  
 Краснодарское высшее военное  
 авиационное училище летчиков  
 takulikova@list.ru

**Аннотация.** В статье представлены сведения о полимерных композиционных материалах – углепластиках, их применении в конструкциях космических аппаратов и самолетов. Рассматривается общая характеристика современных композиционных материалов с углеродным наполнителем, разработанных в России.

**Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы, углепластик, углеродное волокно.

**Khayrulin A.P.**

Cadet,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 kvvaul@mail.ru

**Kulikov M.V.**

PhD in Technical Sciences,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 mvkulikov@list.ru

**Kulikova T.A.**

PhD in Chemical Sciences,  
 Associate Professor,  
 Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
 mvkulikov@list.ru

**Annotation.** The article presents information about polymer composite materials - carbon fiber reinforced plastics, their application in the structures of spacecraft and aircraft. The general characteristics of modern composite materials with carbon filler developed in Russia are considered.

**Keywords:** polymer composites, carbon fiber, carbon fiber.

Стремительно развивающиеся в последнее время техника и технологии предъявляют новые требования к перспективным изделиям, которые уже не могут быть удовлетворены при использовании традиционных материалов. Одним из относительно новых видов материалов, находящихся все более разнообразное применение во многих отраслях промышленности, являются полимерные композиционные материалы (ПКМ) [1, с. 162–170; 2; 3]. Благодаря высоким значениям удельной прочности и модуля упругости, ПКМ все более активно заменяют металлы в конструкциях аэрокосмической техники [4–8], что способствует, кроме прочего, повышению экономической эффективности летательных аппаратов и соблюдению все более ужесточающихся экологических требований и норм.

Из всего разнообразия ПКМ относительно новым и перспективным видом материалов являются углепластики – высокопрочные композиционные материалы, в которых используется широкий спектр наполнителей на основе углеродных волокон – нити, жгуты, ткани, трехмерноармированные ткани. Необходимо отметить, что сегодня углеродное волокно является более дорогим армирующим наполнителем в сравнении, например, со стеклянными волокнами. Кроме того, в 90-е годы XX века в России было утрачено производство собственного углеродного волокна, и современные разработки новых марок углепластиков в основном базируются на импортных наполнителях. Хотя в настоящий момент прилагаются усилия по возрождению производства углеродных тканей [8].

По условиям получения углеродные волокна делят на карбонизованные (температура термической обработки – 900–2000 °С, содержание углерода – 80–99 %) и графитизированные (температура термообработки 3000 °С, содержание углерода более 99 %). Процесс основан на нагреве полимерных волокон в инертной среде. При этом происходит их термическая деструкция, кардинальное изменение структуры при со-

хранении элементов первоначального полимерного скелета. Основными видами полимерных волокон, используемых в качестве сырья для получения углеродных, являются полиакрилонитрильные и гидратцеллюлозные [9].

По своим физико-механическим свойствам углеродные волокна можно подразделить на:

- высокопрочные (предел прочности при разрыве  $\approx 3$  ГПа);
- сверхвысокопрочные (предел прочности при разрыве  $\approx 4,5$  ГПа);
- низко модульные (модуль упругости  $E < 100$  ГПа);
- среднмодульные ( $E \approx 200\text{--}320$  ГПа);
- высоко модульные ( $E > 350$  ГПа);
- ультравысоко модульные ( $E > 450$  ГПа).

В сравнении с относительно давно применяемым, в том числе и в авиационной технике, стекловолокном, углеволокно при близких значениях прочности имеет более высокий модуль упругости и обладает заметно меньшей плотностью, что дает преимущество в удельной прочности.

Углепластики эффективно используются в конструкциях космических летательных аппаратов, в первую очередь благодаря их низкой плотности. Высокая стоимость при этом не является сдерживающим фактором, так как объемы применения этих материалов в указанной области невелики. Первая информация об использовании этого вида ПКМ появилась в 1974 году, когда США запустили метеорологический спутник, в котором было использовано покрытие из углепластика. В 1979 году был запущен спутник связи, в котором детали из ПКМ (главным образом из углепластика) составляли около половины массы (более 600 кг). Из углепластика были изготовлены отражающая антенна, каркас солнечной батареи и другие детали. Сегодня в США, Японии разрабатываются космические аппараты, в которых из углепластиков планируется изготавливать корпуса спутников, каркасы солнечных батарей и другие изделия.

Благодаря высоким значениям удельных прочности и жесткости ПКМ, армированные углеродным волокном применяются в качестве конструкционных материалов в самолетостроении. Высокая степень анизотропии деформационно-прочностных свойств углепластиков позволяет создавать из них изделия с заданным распределением жесткости и прочности. Наивысшие показатели указанных свойств достигаются в композитах с однонаправленным расположением непрерывных волокон.

Углепластики впервые стали применяться в самолете F-14 в сочетании с боропластиками для изготовления люков шасси, аэродинамических тормозов и верхних плоскостей несущих крыльев. Их масса составляла порядка 2 % массы самолета. В самолете F-16 из углеволокнитов дополнительно изготавливались вертикальные стабилизаторы, горизонтальное хвостовое оперение и некоторые другие детали. В самолете F-18 доля углепластиков уже превысила 10 % от массы летательного аппарата.

В начале 1984 года корпусу морской пехоты США был передан первый самолет AV-8B Харриер II, у которого впервые на боевых самолетах крыло полностью изготовлено из композиционных материалов, преимущественно – углепластиков. Общая масса деталей из углепластиков составила около 26 % массы самолета [10].

Производители военной авиационной техники в других странах также внедряли углепластики в конструкцию летательных аппаратов, в первую очередь с целью снижения массы деталей. Это были самолеты «Альфа-джет» (ФРГ), «Ягуар» (Великобритания), «Мираж F-1», «Мираж 2000», ASX-10 (Франция), японские T-2, PS-1, C-1. У них из углепластиков изготавливались аэродинамические тормоза, створки люков шасси, рули вертикального хвостового оперения и рули направления, элероны, главные интерцепторы и другие детали.

В гражданском самолетостроении в 1973 году с использованием углепластиков были испытаны интерцепторы для самолета Боинг-737 (снижение массы на 15 %) и рули направления самолета DC-10 (снижение массы на 35 %). В конструкции Боинг-767 используется уже около двух тонн углепластиков и гибридных ПКМ, сочетающих в себе углеродные волокна и стеклянные или органические типа Кевлар. В современных гражданских лайнерах (Боинг-787 Dreamliner и российский MC-21) порядка половины деталей конструкции выполнены из ПКМ, значительная доля которых приходится на

углепластики и гибридные материалы с использованием углеволокна. Это обеспечивает им повышение КПД и снижение расхода топлива в сравнении с самолетами предыдущих поколений.

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (ФГУП ВИАМ) на протяжении многих лет является ведущим российским центром по разработке и внедрению ПКМ. В последние годы во ФГУП ВИАМ создан целый ряд углепластиков нового поколения для применения в различных деталях авиационной техники [11].

На основе разработанного в институте высокодеформативного эпоксидного связующего расплавного типа разработаны углепластики конструкционного назначения ВКУ-25 (рабочие температуры от  $-60$  до  $+120$  °С) – для высоконагруженных деталей и конструкций фюзеляжа, крыла и хвостового оперения самолета; ВКУ-28 – для замены импортного углепластика фирмы Hexcel, применяемого в хвостовом оперении самолета МС-21; ВКУ-29 (температуры эксплуатации от  $-60$  до  $+120$  °С) – для изготовления деталей корпуса, створок, перегородок, силовых панелей, шпангоутов, наружного обтекателя распределительного устройства и других узлов нового российского турбовентиляторного двигателя ПД-14, предназначенного в первую очередь для установки на самолет МС-21.

На основе цианэфирных полимерных матриц создана серия углепластиков ВКУ-27 для работы в конструкциях планера при температурах до  $180$  °С.

Для пылезащитного устройства (ПЗУ) и переходного канала вертолетного двигателя с температурой эксплуатации до  $200$  °С на основе цианэфирного связующего создан гибридный ПКМ, состоящий из углепластика ВКУ-42, плакированного слоем органического пластика на основе ткани из арамидного волокна Русар.

На базе разработанного во ФГУП ВИАМ термостойкого терморезистивного фталонитрильного связующего с температурой начала деструкции более  $450$  °С предложены термостойкие углепластики с рабочей температурой выше  $300$  °С, заменяющие титановые сплавы. Из них изготовлены лопатки (ВКУ-38ТР) и силовые кольца (ВКУ-38ЖН) рабочего колеса центробежного компрессора авиационных двигателей нового поколения. Кроме того, эти материалы могут применяться для теплонагруженных высоко- и средненагруженных деталей и агрегатов авиационных конструкций, а также в деталях самолетных и вертолетных двигателей. Сохранение прочностных характеристик этих термостойких углепластиков при температуре  $300$  °С относительно исходных значений составляет  $79$ – $97$  % в зависимости от марки материала и вида испытаний, а при температуре  $350$  °С –  $90$ – $96$  % для предела прочности при растяжении и  $78$ – $84$  % для модуля упругости при растяжении. Это говорит о работоспособности указанных материалов при температурах до  $350$  °С [11].

Таким образом, применение углепластиков в изделиях современной авиационной техники целесообразно в первую очередь в целях снижения их массы, особенно для узлов и деталей, масса которых определяется в основном требованиями жесткости. Поэтому в последнее время наблюдается устойчивая тенденция по замене в авиационной отрасли металлических сплавов на различные ПКМ, в том числе углепластики. Накопление опыта в создании связующих и наполнителей для этих материалов, а также проектировании и конструировании изделий из них, позволяют постоянно расширять области их применения.

#### Список литературы:

1. Бобович Б.Б. Полимерные конструкционные материалы (структура, свойства, применение). – М. : Форум, 2014. – 400 с.
2. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов // В кн. Авиационные материалы и технологии / под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М. : ВИАМ, 2012. – С. 231–242.
3. Современные полимерные композиционные материалы и их применение / А.С.Колосова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 5–1. – С. 245–256. – URL : <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12252> (дата обращения: 22.11.2021)

4. Яруллин К.Р., Куликов М.В., Куликова Т.А. Применение композиционных материалов в авиастроении // VI Междунар. научно-практич. конф. молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей / КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – С. 17–20.
5. Кепков В.Д., Куликов М.В., Куликова Т.А. Применение полимерных композиционных материалов в современном авиастроении // Сборник научных статей VIII Междунар. научно-практич. конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С.186–190.
6. Бондаренко М.С., Куликов М.В., Куликова Т.А. Использование полимерных композиционных материалов в конструкции вертолета // Сборник научных статей IX Междунар. научно-практич. конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С.469–473.
7. Куликов М.В., Куликова Т.А. Стеклопластики в авиации // XI Междунар. научно-практич. конф. молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей / КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 337–339.
8. Колобков А.С. Полимерные композиционные материалы для различных конструкций авиационной техники // Труды ВИАМ. – 2020. – № 6–7 (89). – С. 38–44.
9. Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г. Полимерные композиционные материалы. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
10. Применение углепластиков [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.polimerportal.ru/ugleplastiki/primenenie-ugleplastikov/>
11. Раскутин А.Е. Российские полимерные композиционные материалы нового поколения, их освоение и внедрение в перспективных разрабатываемых конструкциях // Авиационные материалы и технологии. – 2017. – № 5. – С. 349–367. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskie-polimernye-kompozitsionnye-materialy-novogo-pokoleniya-ih-osvoenie-i-vnedrenie-v-perspektivnyh-razrabatyvaemyh> (дата обращения: 22.11.2021).

УДК 623.746.4-519

**ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ  
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**



**APPROACHES TO LOCATION DETERMINATION  
UNMANNED AERIAL VEHICLES**

**Дунайцев А.И.**

кандидат военных наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@yandex.ru

**Сингаевский Н.А.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный аграрный университет  
kubsau@mail.ru

**Божко С.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
bsvinfo60@mail.ru

**Савицкий Ю.А.**

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
yurahelen1@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются подходы и методы определения местоположения беспилотных летательных аппаратов. Авторы статьи проводят аналитический обзор источников параметров движения беспилотных летательных аппаратов, описывают принцип их действия и точность измерений, способы и алгоритмы обработки получаемой информации, особенности ошибок определения параметров и методы комплексирования данных от разных источников.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, спутник, навигационная система, система управления, алгоритм, структура, информация.

**Dunaytsev A.I.**

PhD in Military Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@yandex.ru

**Singaevsky N.A.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban state agrarian university  
kubsau@mail.ru

**Bozhko S.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
bsvinfo60@mail.ru

**Savitsky Yu.A.**

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
yurahelen1@mail.ru

**Annotation.** The article discusses approaches and methods for determining the location of unmanned aerial vehicles. The authors of the article conduct an analytical review of the sources of motion parameters of unmanned aerial vehicles, describe the principle of their operation and measurement accuracy, methods and algorithms for processing the information received, features of parameter determination errors and methods of data aggregation from different sources.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, satellite, navigation system, control system, algorithm, structure, information.

Современный уровень развития материалов и микропроцессорной техники позволяет проектировать и конструировать сверхлегкие беспилотные летательные аппараты (БПЛА), способные с высокой эффективностью выполнять мониторинговые, разведывательные и другие операции. Бортовое оборудование автономных аппаратов должно обеспечивать полет БПЛА без участия человека при изменяемых условиях функционирования (например, погодной обстановки). При недоступности сигналов спутниковых навигационных систем GPS или ГЛОНАСС для повышения точности определения местоположения БПЛА применяют инерциальные навигационные системы или системы оптической навигации.

В последние годы все больший интерес вызывает групповое применение БПЛА, позволяющее повысить надежность выполнения миссии. Кроме того, использование нескольких БПЛА значительно сокращает время выполнения задачи, например, картографирования местности, патрулирования территории, действий при чрезвычайных ситуациях.

Решение групповых задач сталкивается с рядом особенностей, характерных для организации взаимодействия автономных систем между собой. Среди таких особенностей выделяют вопросы формирования строя и управления группой БПЛА. Повысить точность определения параметров движения БПЛА при групповом взаимодействии возможно с помощью комплексирования данных относительных параметров группы БПЛА. Возникает задача совместной обработки информации, полученной от различных систем измерения параметров движения. Работа посвящена повышению точности определения параметров движения БПЛА при высоких погрешностях измерений или нестабильной работе спутниковых систем позиционирования за счет комплексной обработки собственных и взаимных оценок координат и скоростей группы БПЛА.

В настоящее время в мире существует две полноценно функционирующие глобальные спутниковые системы позиционирования – ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США). Близки к завершению работы по развертыванию глобальных СРНС GALILEO (Евросоюз) и BEIDOU (Китай). Разработкой и реализацией региональных спутниковых систем позиционирования занимаются Япония (система QZSS) и Индия (NAVIC). Показатели точности современных глобальных СРНС приведены в таблице 1 [2].

**Таблица 1** – Показатели точности современных глобальных СРНС

Показатели точности определения	ГЛОНАСС	GPS
Сферические координаты, м	15	10
Горизонтальные координаты, м	8,6	7,6
Вертикальные координаты, м	12,5	11,7
Сферическая скорость, м/с	0,2	0,2
Время, мкс	1	0,48

Система ГЛОНАСС (ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система) предназначена для непрерывного и точного определения времени, координат, вектора скорости перемещения космических, воздушных, наземных, наводных потребителей в любой точке планеты или околоземного пространства. Система ГЛОНАСС одобрена Международной морской организацией (International Maritime Organization, IMO) и Международной организацией гражданской авиации (International Civil Aviation Organization, ICAO) как один из элементов Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) наряду с системой GPS [3].

Система GPS (Global Positioning System – Глобальная система позиционирования) также имеет название NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging – Определение времени и расстояний по навигационным спутникам).

На первых этапах эксплуатации системы точность позиционирования оказалась в несколько раз выше предполагаемой, вследствие чего было принято решение преднамеренного загробления точности определения местоположения из-за опасения применения системы потенциальным противником. Ограничения были сняты в 2000 году, когда было принято решение применять систему позиционирования в гражданских целях [5].

Спутниковая система BeiDou запущена в реализацию в 1993 году в Китайской Народной Республике как региональная система позиционирования.

С 2006 года ведутся работы по увеличению количества спутников на орбитах с целью расширения территории обслуживания до уровня глобальной системы [6].

Глобальная СРНС ГАЛИЛЕО разрабатывается с 1994 года странами Европейского Союза с целью обеспечения независимости в сфере координатно-временного определения и навигации. В 2011 году запущены первые спутники для постоянного функционирования в системе [8].

Состав оборудования космических аппаратов включает бортовой источник радиосигналов, антенно-фидерную систему, бортовое синхронизирующее устройство, бортовой управляющий комплекс, системы ориентации, стабилизации, коррекции, электропитания, терморегулирования. Для обеспечения надежности основные элементы системы дублируются. Космический сегмент всех рассматриваемых СРНС имеет подобный состав аппаратуры.



Пользовательский сегмент спутниковых систем позиционирования включает навигационную аппаратуру потребителей (НАП). В состав НАП входят антенна, радиочастотный блок, синтезатор частот, вычислительное устройство.

Работа аппаратуры потребителей заключается в приеме и обработке радиосигнала, выделения информации из принятых сигналов и вычисление координат, скоростей и текущего времени. Пользовательское оборудование имеет схожую архитектуру и принципы действия для всех спутниковых систем позиционирования.

В настоящее время во многих областях науки и техники существует ряд задач, направленных на повышение эффективности систем управления автономными роботизированными устройствами. Одним из важнейших критериев построения оптимальной системы автоматического управления является точное определение местоположения автономных устройств в пространстве. К таким устройствам могут относиться воздушные, наземные, наводные, подводные или комбинированные комплексы автономных аппаратов. К особенностям управления БПЛА относят их сравнительно высокую скорость перемещения, а также сильную зависимость от воздействия внешних факторов окружающей среды. В последние годы повышается интерес к групповому применению летательных аппаратов (ЛА). Решение групповых задач сталкивается с рядом явлений, характерных для организации взаимодействия автономных аппаратов между собой. Таким образом, анализ и разработка алгоритмов определения координат группы беспилотных летательных аппаратов являются актуальными задачами.

Необходимо произвести анализ современных средств определения параметров движения, применяемых как к одиночным автономным аппаратам, так и к группам БПЛА, рассмотреть существующие возможности повышения точности определения местоположения летательных аппаратов, выявить недостатки существующих систем и алгоритмов.

Таким образом, для решения поставленной задачи необходимо рассмотреть источники параметров движения, описать принцип действия и точность измерений, проанализировать способы и алгоритмы обработки получаемой информации, особенности ошибок определения параметров и методы комплексирования данных от разных источников.

#### **Список литературы:**

1. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование мультимедийного контента лекционного характера // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 327–329.
2. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Обеспечение заданного уровня устойчивости сетевых информационных систем // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 433–435.
3. Брейтнер А.А., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Оптимизация работы динамических интерактивных WEB-приложений // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 31–35.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Автоматизация функционального тестирования web-приложений // В журнале «Современные наукоемкие технологии». – 2016. – № 5–1. – С. 58–61.
5. Кандуко М.Х., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Разработка высокопроизводительных web-приложений // В сборнике: V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. – Краснодар, 2015. – С. 148–152.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Проектирование интерактивных WEB-приложений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 43.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Достижение максимальной производительности ajax-приложений // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 121.

8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Увеличение скорости загрузки web-приложений // В журнале «Успехи современной науки». – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 181–185.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Структура углубленного трафика информационной сети // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2020. – С. 370–372.
10. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Управления рисками безопасности в корпоративных информационных сетях // В сборнике: IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос сборник научных статей. – 2020. – С. 399–402.
11. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 24–26.
12. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
13. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
14. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
15. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

УДК 519.816

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ  
СОВМЕСТНЫХ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ**



**MATHEMATICAL ASSESSMENT OF  
THE EFFECTIVENESS OF JOINT COMBAT OPERATION**

**Клименко В.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Статья раскрывает подход к достижению высокого результата совместных действий с минимальными затратами при оптимальном объединении усилий участников этих боевых действий.

**Ключевые слова:** коалиция, теория кооперативных игр, аксиома, точка диалога, лицо, принимающее решение (ЛПР).

**Klimenko V.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

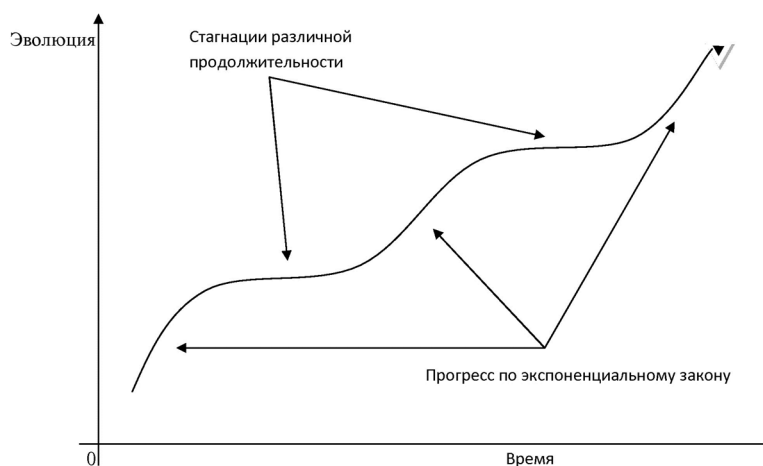
**Annotation.** Stasya reveals an approach to achieving a high resultant of joint combat operations, with minimal costs, with an optimal combination of efforts of participant in these hostilities.

**Keywords:** the coalition, the of cooperative games, axiom dialog point, decision maker (LPR).

Эволюция развития человеческого сообщества убедительно показала, что сотрудничество, взаимодействие, кооперация как для отдельно взятого творческого человека, так и для общества в целом является наиболее эффективным средством для достижения поставленной цели.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время, к большому сожалению, ведутся активные боевые действия за пределами РФ на территории Сирии по уничтожению террористической группировки ИГИЛ, запрещенной в России, с участием России, США и Сирии. Объединение национальных государств в коалиции для ведения боевых действий позволяет им достигать высокого результата с минимальными затратами [1].

Американский ученый Джеймс Дана (1813–1895 гг.) установил в виде эмпирического обобщения, что эволюция человека и человеческого сообщества идет в одном, необратимом направлении, регресс как таковой отсутствует, хотя стагнации, различной продолжительности, возможны. Однако, если эволюции придать активный, творческий характер, то период стагнации можно существенно уменьшить.



Одним из таких способов уменьшения периода стагнации выступает объединение отдельных людей и государств в коалиции, группы, договоры, блоки.

Безусловно, объединение – движущая сила эволюции, в контексте философии замечательного русского философа Николая Федоровича Федорова.

Важнейшим фактором в решении проблемы эффективности боевых действий выступает математика, с помощью которой можно рассчитать и спрогнозировать эффективность объединения. В настоящее время математическая наука обогатилась большим арсеналом методов для решения конкретных практических задач. Однако применение этих методов, их адаптация к решению конкретных практических задач требует дополнительного исследования [2].

Целью проведенного исследования является оценка эффективности боевых действий объединённых сил, участвующих в конфликте с помощью раздела прикладной математики, как теория игр, а именно теория объединённых игр. Для теории объединённых игр основным вопросом в отличие от теории антагонистических игр является не выбор оптимальных стратегий для участников игры, а объединение игроков в коалиции и установление оптимального распределения расходов между ними в составе всех возможных коалиций.

Постановка задачи кооперации национальных государств по реализации оперативно-тактической ситуации

Известно:

$I = \{1, 2 \dots n\}$  – множество игроков (национальных государств), принимающих участие в операции;

$K \subset I$  – коалиция государств на множестве  $I$ .

$V(K)$  – выигрыш, который может уверенно обеспечить себе коалиция в составе  $K$  государств. Этот выигрыш называется характеристической функцией игры, которая задана на множестве всех коалиций.

Исходной информацией для кооперативной игры игроков (государств) выступает:

- множество всех возможных коалиций, которое составляет число  $2^n$ ;
- характеристическая функция  $V(K)$ , заданная на множестве всех возможных коалиций.

Определить: выигрыш каждого игрока (национального государства) в составе всех возможных коалиций и выполнить оценку экономической целесообразности участия государств в составе всех возможных коалиций.

Оценка эффективности коалиции осуществлялась на примере следующей оперативно-тактической задачи – нанесение авиационного удара по уничтожению террористической группировки с участием трех национальных государств: Сирии, России и США. Решение – моделируем различные варианты реализации данной операции и рассчитываем затраты государств в условном денежном эквиваленте при всевозможных коалициях.

Эта информация представлена в таблице 1, в первой строке которой перечислены всевозможные коалиции, а во второй строке – все возможные значения характеристической функции на множестве всех коалиций, т.е. расходы, которые понесет каждая коалиция национальных государств для реализации операции [3].

Таблица 1

Всевозможные коалиции $\{K\}$	{Россия}	{США}	{Сирия}	{Россия, США}	{Россия, Сирия}	{США, Сирия}	{Россия, США, Сирия}
Расходы коалиции $V(K)$ – характеристическая функция	18	28	24	42	40	52	62

Эта информация для данной математической модели оценки эффективности кооперации является исходной информацией.

При этих данных необходимо выбрать оптимальные условия объединения для реализации данной операции и оценить для каждого государства экономическую целесообразность участия в коалиции.

Характеристическая функция в данной модели обладает свойством супер аддитивности – это свойство отражает объединённый эффект, то есть участники (государства) должны быть заинтересованы в коалиции. Это позволяет им получить больший выигрыш, чем в том случае, если бы они действовали автономно (индивидуально).

Исследования проводились с использованием аксиоматического подхода, в основании которого лежит принцип справедливого дележа. Этот принцип связан с попыткой разрешить проблему объединения путем «арбитража», то есть передачи права выработки окончательного решения некоему стороннему «арбитру». В условиях данной модели роль такого стороннего «арбитра» играют четыре аксиомы [4].

Первая аксиома – симметрия утверждает, что один участник коалиции может заменить другого участника коалиции без ущерба для остальных участников.

$$\Phi_1(V(K)), \Phi_2(V(K)) \dots \Phi_n(V(K)) - \text{const}$$

Вторая аксиома – эффективность утверждает, что если выигрыш коалиции не зависит от участия игрока, то такого игрока называют холостым.

$$V(K \cup i) = V(K); \Phi_i(V) = 0$$

Третья аксиома – оптимальность по Парето утверждает, что сумма выигрыша участников равна выигрышу коалиции.

$$\sum_{i \in I} \Phi_i(V(K)) = V(I)$$

Четвертая аксиома – агрегация утверждает, что если игрок чувствует в двух играх, то выигрыши в отдельных играх суммируются.

$$\Phi_i(V(K)) = \Phi_i(V'(K) + V''(K)) = \Phi_i(V'(K)) + \Phi_i(V''(K)), i \in I$$

На основании системы полных и непротиворечивых четырех аксиом американский экономист и математик Л.Шепли разработал формулу, на основании которой можно рассчитать компоненты вектора справедливого дележа:

$$\Phi_i(V) = \sum_{\substack{K \subset I \\ i \in K \\ i=1 \dots n}} \frac{(|K|-1)!(n-|K|)!}{n!} \times [V(K) - V(K \setminus i)]$$

В формуле Шепли указано число государств, участвующих в реализации проекта, число коалиций и выигрыш каждой коалиций. Формула позволяет рассчитать вклад каждого национального государства в составе всех коалиций:

- $n(I)$  – число государств – участников реализации тактической операции;
- $\{K\}$  – число государств в составе коалиции  $K$ ;
- $\Phi_i(V)$  – затраты  $i$ -того государства в составе определенной коалиции;
- $V(K)$  – затраты коалиции  $K$  (характеристическая функция);
- $V(K \setminus i)$  – затраты коалиции  $K$  без участия  $i$ -того государства;
- $\Phi_i(V) \geq V(i)$  – условие супераддитивности отражает «кооперативный эффект»;
- $K = 2^n$  – число коалиций из  $n$  государств.

Выполненные расчёты представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

Коалиции	{Россия, США}	{Россия, Сирия}	{США, Сирия}	{Россия,США,Сирия}
$\Phi_1(V)$ – Россия	16	17	18	14,33
$\Phi_2(V)$ – США	26	28	28	25,33
$\Phi_3(V)$ – Сирия	24	23	24	22,33

В данной таблице представлены вклады всех государств при участии их в составе всех коалиций. Анализ данных таблицы позволяет каждому государству выбрать ту коалицию, в составе которой он принимал бы участие в реализации данной операции, в соответствии со своей системой предпочтений.

На основании данной таблицы рассчитывается экономическая целесообразность участия всех государств для проведения данной операции в составе всех возможных коалиций [5].

Расчёты оценки экономической целесообразности участия государств в реализации тактической ситуации представлены в таблице 3.

Анализ данных таблице 3 показывает. Участие России в составе коалиции всех трех национальных государств {Россия, США, Сирия} представляет собой наибольшую

выгоду для реализации научного космического проекта и эта выгода составляет 20 %. Экономическая целесообразность участия России в составе коалиции {Россия, США} составляет 11 %. Наконец, участие же России в составе коалиции {Россия, Сирия} представляет собой наименьшую выгоду для государства и составляет 5 %.

**Таблица 3**

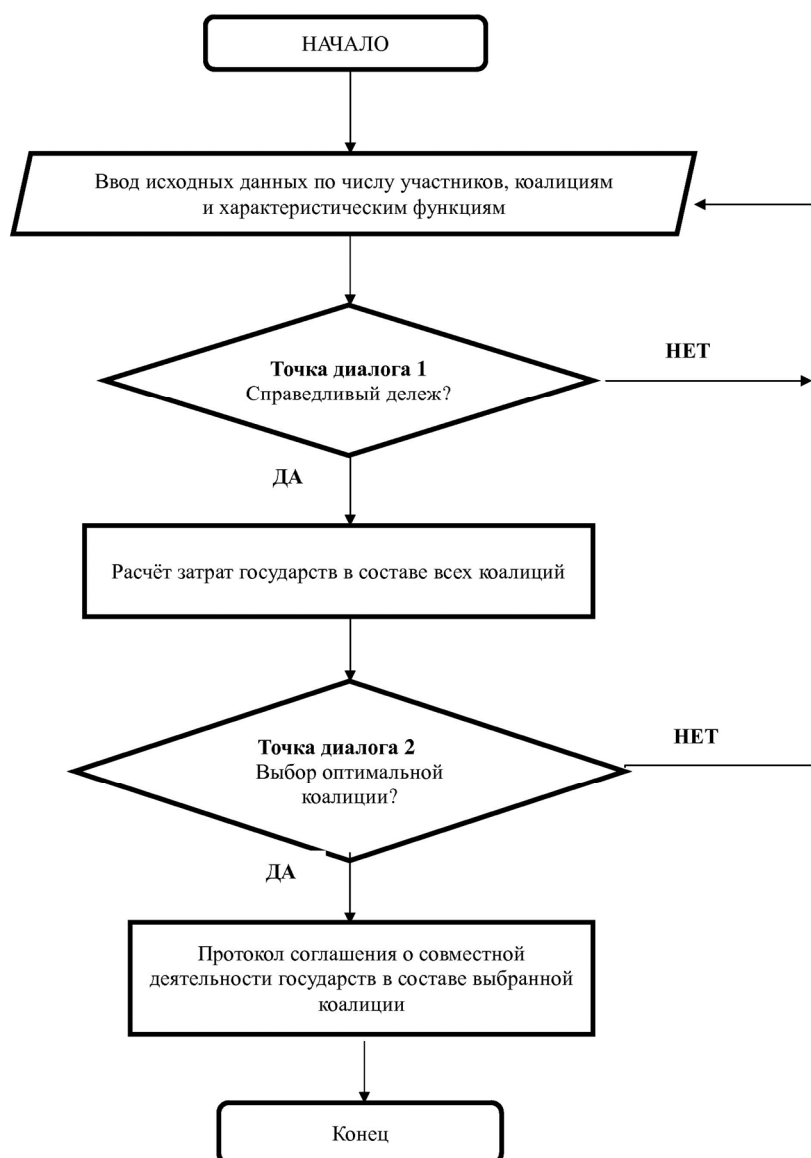
Коалиции	{Россия, США}	{Россия, Сирия}	{США, Сирия}	{Россия,США,Сирия}
Россия	11 %	5 %	–	20 %
США	7 %	–	0 %	9 %
Сирия	–	4 %	0 %	7 %

В данной работе представлен алгоритм, согласно которому возможно выполнить математическую оценку эффективности кооперации. В данном алгоритме имеют место две точки диалога «ЛПР и ЭВМ».

В первой точке диалога ЛПР убеждается в том, что дележ является справедливым, то есть четыре аксиомы выполняются.

Во второй точке диалога после расчета компонентов вектора Шепли конкретное государство принимает решение о принятии участия в составе той или иной коалиции в соответствии со своей системой предпочтений.

Оперативное решение данной задачи подкреплено решением ее в системе MathCad – языке сверхвысокого уровня программирования.



Таким образом, рассмотренная задача математической оценки эффективности кооперации национальных государств по реализации тактической операции была выполнена с помощью теории кооперативных игр.

Проведенные исследования позволили также оценить экономическую целесообразность участия каждого из государств в составе всех возможных коалиций. То есть с помощью теории кооперативных игр каждый участник игры, каждое национальное государство, исходя из своих приоритетов может отдать предпочтение той или иной коалиции. Исследования были проведены с участием только трех игроков (национальных государств), хотя количество участников не ограничено, но при участии государств больше трех, оценка эффективности кооперации усложняется. Наличие современного компьютерного обеспечения позволяет проводить расчеты и выработать решения экономических задач в максимально короткие сроки.

Теория игр может быть адаптирована к широкому классу решения задач по оценке эффективности различных видов деятельности в условиях объединения (кооперации).

#### **Список литературы:**

1. Воробьев Н.Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков. – М., 2013.
2. Дюбин Г.Н., Суздаль В.Г. Введение в прикладную теорию игр. – М., 2005.
3. Оцен Г. Теория игр. – М., 2011.
4. Партхасаратхи Т., Рачхван Т. Некоторые вопросы теории игр двух лиц. – М., 2010.
5. Клименко В.А., Соболевская З.Т. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле // Метод анализа иерархии. – Монино, 1994.

УДК 355.1

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЫТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБРАЗЦОВ ВВТ**



**SOME ASPECTS OF THE ORGANIZATION OF PILOT OPERATION OF  
PROMISING SAMPLES OF VVT**

**Степанов А.П.**

кандидат военных наук, доцент,  
Военный учебно-научный центр Сухопутных войск  
«Общевойсковая ордена Жукова академия  
Вооружённых сил Российской Федерации»  
aleksey\_stepanov040579@mail.ru

**Караваев И.Н.**

доктор военных наук, профессор,  
Военный учебно-научный центр Сухопутных войск  
«Общевойсковая ордена Жукова академия  
Вооружённых сил Российской Федерации»  
ovavcrf@mail.ru

**Аннотация.** В статье раскрыты проблемные вопросы организации опытной (опытно-войсковой) эксплуатации перспективных образцов вооружения и военной техники.

**Ключевые слова:** боевая подготовка, обучение, воспитание, освоение, вооружение и военная техника.

**Stepanov A.P.**

PhD in Military Sciences,  
Associate Professor,  
Military Educational and Scientific  
Center of the Land Forces  
«Combined Arms Order of  
Zhukov Academy of the Armed Forces of  
the Russian Federation»  
aleksey\_stepanov040579@mail.ru

**Karavaev I.N.**

D.Sc. of Military Sciences, Professor,  
Military Educational and Scientific  
Center of the Land Forces  
«Combined Arms Order of  
Zhukov Academy of the Armed Forces of  
the Russian Federation»  
ovavcrf@mail.ru

**Annotation.** The article reveals the problematic issues of the organization of experimental (experimental-military) operation of promising models of weapons and military equipment.

**Keywords:** combat training, education, education, development, weapons and military equipment.

Основной задачей строительства и развития Вооружённых Сил является приведение их структуры, состава, численности и оснащённости современными (перспективными) образцами вооружения и военной техники (ВВТ) в соответствие с *прогнозируемыми* военными угрозами, содержанием и характером военных конфликтов, задачами в мирное время, в период непосредственной угрозы агрессии и в военное время, а также с политическими, социально-экономическими, демографическими и военно-техническими условиями и возможностями Российской Федерации [1].

При этом, Президент Российской Федерации неоднократно отмечал важность такого аспекта, связанного с перевооружением российской армии, как *качественное освоение* современных и перспективных средств и способов ведения вооружённой борьбы [3, 5].

При принятии на вооружение нового образца ВВТ возникает объективная потребность в освоении этих комплексов личным составом. Известно, что до тех пор, пока новые средства вооружённой борьбы – ВВТ, не освоены личным составом, экипажами боевых машин, подразделениями в целом, они представляют собой всего лишь груды металла. А новые способы вооружённой борьбы, основанные на применении этих средств, останутся «на бумаге» [7].

В период подготовки к государственным и межведомственным испытаниям опытных (перспективных) образцов ВВТ возникает ряд вопросов, связанных с последующей эксплуатацией и боевым применением (применением) этой техники. Некоторые из этих вопросов приведены ниже.

1. Какая стратегическая цель преследуется при разработке и принятии на вооружение перспективного образца ВВТ? Ответом, на какие новые военные угрозы он является?

2. Какие тактические задачи, и в каких видах боя будет решать подразделение, оснащённое перспективными образцами ВВТ?



3. Каким образом будут решаться эти задачи? На каких дальностях, и какие объекты противника будут поражаться перспективным вооружением? Какие маневры перспективный образец ВВТ будет совершать при подготовке и в ходе боевых действий?

4. Какой будет состав подразделения, оснащённого перспективными образцами ВВТ, и его место в организационной структуре общевойскового соединения (воинской части)?

5. Каким образом будет организована боевая подготовка подразделений, оснащённых перспективными образцами ВВТ?

Знать ответы на эти вопросы необходимо для того, чтобы организовать целенаправленную и эффективную подготовку подразделения, оснащённого перспективными образцами ВВТ, а получить ответы на эти вопросы целесообразно по результатам научно-исследовательской работы (НИР) проводимой в целях изыскания принципов и путей создания новой и совершенствования существующей военной техники, обоснования ее ТТХ, определения условий боевого применения, эксплуатации и ремонта ВВТ, а также теоретического обоснования вопросов развития и совершенствования форм и способов ведения вооруженной борьбы. Соответственно, необходимые требования должны быть изложены в тактико-техническом задании на НИР [4, 6].

Особенности ввода ВВТ в эксплуатацию при перевооружении воинской части на новые (перспективные) образцы определён в Руководстве по содержанию ВВТ общевойскового назначения, военно-технического имущества в Вооруженных Силах Российской Федерации, утверждённом приказом МО РФ от 28 декабря 2013 года № 969.

В ходе подготовки воинской части к перевооружению разрабатывается соответствующий план. Некоторыми, наиболее важными элементами этого плана, от которых напрямую зависит эффективность перевооружения, являются:

- организация подготовки офицеров и прапорщиков – будущих руководителей занятий;
- переподготовка личного состава;
- руководство подготовкой подразделений, перевооружаемых на новые образцы ВВТ [2].

В целях организованного выполнения вышеуказанных мероприятий, центральными органами военного управления – заказчиками образца ВВТ, в упреждающем порядке должна быть инициирована разработка соответствующих уставных, организационных, нормативных и методических документов по боевой подготовке подразделений, оснащаемых перспективными образцами ВВТ.

Некоторые из документов, регламентирующих боевую подготовку, которые необходимо уточнять, или разрабатывать новые, при внедрении перспективных образцов ВВТ, приведены ниже.

**Руководство по боевому применению подразделений, оснащенных перспективными образцами ВВТ** (далее – Руководство). Потребность в разработке Руководства обусловлена тем, что появление перспективных образцов ВВТ, как правило, является ответом на появление (перспективы появления) нового вооружения у вероятного противника, или появления новых приёмов и способов ведения тактических действий. Соответственно, в действующих уставных документах место и роль перспективных образцов ВВТ в различных видах боевых действий, чаще всего, не определена.

С целью реализации в ходе боевой подготовки принципа практической направленности обучения, в военной терминологии – «учить войска тому, что необходимо на войне», требуется чёткое понимание ответа на вопрос – **чему учить?**

В Руководстве необходимо отразить принципы и способы применения подразделений, оснащённых перспективными образцами ВВТ, во всех видах боевых действий, их место и роль в составе общевойсковых соединений и воинских частей Сухопутных войск.

**Наставление по организации и проведению общевойсковых тактических учений** (далее – Наставление). Внесение изменений в Наставление потребует в том случае, если перспективные образцы ВВТ имеют серьёзные конструктивные отличия от уже принятых на вооружение (например: дистанционно управляемые робототехнические комплексы военного назначения; оружие направленной энергии или вооружение с

элементами искусственного интеллекта). При внедрении таких средств может потребоваться уточнение обязанностей должностных лиц руководства и посреднического аппарата, а может потребоваться ведение и других должностных лиц.

В разделе «Подготовка и проведение батальонных и ротных тактических учений» потребуется внести пункт «Особенности подготовки и проведения общевойсковых тактических учений с применением перспективных образцов ВВТ», где необходимо уточнить особенности выполнения учебно-боевых задач подразделениями, оснащёнными перспективным вооружением и порядок обеспечения безопасности личного состава общевойсковых подразделений в период проведения боевой стрельбы.

Также, потребуется уточнение всех документов по организации учения, представленных в приложениях Наставления.

**Программа переподготовки подразделений, перевооружаемых на новые образцы вооружения и военной техники** должна отражать содержание, последовательность и порядок подготовки офицеров, прапорщиков, инструкторов (руководителей занятий), для проведения последующей переподготовки личного состава воинских частей (подразделений), перевооружаемых на новую технику, а также подготовку перевооружаемых подразделений. Содержание этой подготовки должно обеспечивать изучение устройства материальной части нового образца, порядка и правил эксплуатации и ремонта; приобретение первичных навыков в действиях при вооружении боевой машины и вождении её в различных условиях (или управление ей дистанционно в различных видах боевых действий).

Необходимость в разработке данной программы, возникнет в случае, если будет принято решение на организацию переподготовки уже имеющихся специалистов, знающих материальную часть и вооружение однотипных с перспективными, образцов ВВТ, стоящих на вооружении российской армии (так бывает в большинстве случаев).

В противном случае, если материальная часть и вооружение перспективных образцов ВВТ имеет принципиальные отличия, потребуется вводить новые военно-учётные специальности (ВУС) и организовывать полноценную военную подготовку по данным специальностям.

**Программа боевой подготовки подразделений, вооружённых перспективными образцами ВВТ** – основной документ, определяющий содержание и порядок подготовки военнослужащих и слаживания подразделений, а также должностную подготовку сержантов. Разработка новой программы боевой подготовки подразделения, вооружённого перспективными образцами ВВТ, обусловлена потребностью в определении актуального содержания обучения, соответствия этого содержания предназначению подразделения, его роли и места при выполнении боевых задач. Кроме того, программа определяет порядок и последовательность подготовки подразделения в зависимости от того кем укомплектовано данное подразделение. Так, например, в 2017 году главнокомандующим Сухопутными войсками утверждена программа боевой подготовки подразделений Сухопутных войск, укомплектованных военнослужащими, проходящими военную службу по контракту.

При формировании содержания данной программы использован модульный принцип построения учебного процесса, который структурирует содержание обучения подразделений в автономные организационно-методические блоки – модули (оборона, наступление, марш), содержание и объем которых может изменяться в зависимости от учебных целей и организационного уровня обучаемых подразделений.

**Курс вождения боевых машин и специальных машин Сухопутных войск** определяет порядок обучения и совершенствования навыков личного состава по вождению боевых и специальных машин, а также для обучения экипажей и подразделений уверенному вождению машин на максимально возможной скорости в колонне, в предбоевых и боевых порядках, с преодолением препятствий на местности, характерной для дислокации войск. Потребность внесения изменений в данный документ обусловлена следующими обстоятельствами:

– во-первых, перспективные образцы ВВТ имеют отличные от существующих, ТТХ и конструктивные особенности, соответственно потребуется менять условия выполнения упражнений и препятствия;

– во-вторых, перспективные образцы ВВТ будут иметь новые тактические задачи, для которых они собственно создавались, соответственно маневр, который они должны совершать, расстояния, которые будут преодолеваться, будут другими. Что также необходимо учитывать при разработке новых упражнений по вождению боевых машин;

– в-третьих, тенденция всеобщей информатизации, в том числе и в военной сфере наталкивает на мысль о том, что массовое принятие на вооружение робототехнических комплексов военного назначения, оружия с элементами искусственного интеллекта дело не такого далёкого будущего. В связи с этим, связь в системе человек-машина (оператор-машина), будет происходить на совершенно другом функциональном уровне. Вероятно, большая часть упражнений по вождению боевых машин может быть отработана на компьютере.

**Курс стрельб из стрелкового оружия, боевых машин и танков ВС РФ.** Для подготовки и внесения изменений в Курс стрельб, потребуется разработка упражнений стрельб, определение типов поражаемых целей, расстояния до них, определения количества боеприпасов для их поражения. В качестве проблемного вопроса необходимо отметить, что утверждённой методики разработки упражнений стрельб не существует.

По аналогии с курсом вождения, в связи особенностью управления перспективными образцами ВВТ, большая часть упражнений может выполняться на тренажёре.

Наиболее трудоёмким является процесс подготовки к объективной оценке практических навыков личного состава в освоении перспективных образцов ВВТ. В этих целях потребуется определение перечня нормативов по основным предметам боевой подготовки и их разработка, либо уточнение существующих нормативов, с последующим внесением данных в **Сборник нормативов по боевой подготовке Сухопутных войск.**

При этом, одним из проблемных вопросов остаётся отсутствие научно обоснованной и утверждённой методики разработки нормативов по предметам боевой подготовки.

Кроме того, в качестве одного из результатов НИР по разработке перспективного образца ВВТ, в тактико-техническом (техническом) задании (ТТЗ) на выполнение опытно-конструкторской работы необходимо определять конкретные требования к учебно-тренировочным средствам.

Работа по формированию содержания переподготовки личного состава и подготовки подразделений, перевооружаемых на перспективные образцы ВВТ, проведённая своевременно, позволит повысить эффективность освоения современных и перспективных средств ведения вооружённой борьбы.

#### **Список литературы:**

1. Военная доктрина Российской Федерации: утверждена Указом Президента Российской Федерации 25 декабря 2014 г. № Пр-2976. – М. : Приложение к «Российской газете» от 30 декабря 2014 г. – С. 5–22.
2. Руководство по содержанию вооружения и военной техники общевойскового назначения, военно-технического имущества в ВС РФ. (Введено в действие приказом МО РФ № 969 от 28 декабря 2013 г.).
3. Расширенное заседание коллегии Минобороны [Электронный ресурс]. – URL : <http://kremlin.ru/events/president/news/64684> (дата обращения 05.10.2021).
4. Некоторые аспекты использования автоматизированных тренажерных комплексов в процессе боевой подготовки Вооруженных Сил Российской Федерации / И.А. Абрамова [и др.] // Наука и военная безопасность. – 2018. – № 4 (15). – С. 106–111.
5. Степанов А.П., Ляпин В.А., Абрамова И.А. Некоторые аспекты подготовки граждан к прохождению военной службы // Наука и военная безопасность. – 2017. – № 4 (11). – С. 74–79.
6. Некоторые аспекты методологии военно-научного исследования / Ю.Ф. Шлык [и др.] // Наука и военная безопасность. – 2020. – № 1 (20). – С. 148–151.
7. Шлык Ю.Ф., Степанов А.П. Проблемные вопросы освоения вооружения, военной и специальной техники, поступающей на оснащение подразделений общевойсковых соединений и воинских частей // Вестник Академии военных наук. – 2020. – № 2 (71). – С. 75–83.

УДК 355.4

РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЕОМЕТРИИ КРЫЛА



DEVELOPMENT OF DOMESTIC TECHNOLOGY OF  
VARIABLE WING GEOMETRY

**Маркевич А.В.**

кандидат военных наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Патоков Б.Б.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Горобчук А.Р.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gor.sas2020@mail.ru

**Коханий А.Ф.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье авторы проводят исследование и рассматривают исторические этапы развития отечественной технологии изменяемой геометрии крыла, от появления идеи до её практического применения. Объектом исследования является технология изменяемой геометрии крыла отечественных самолетов.

**Ключевые слова:** изменяемая геометрия крыла, самолет, крыло, скорость, модификация, оборудование, дальность полета.

**Markevich A.V.**

PhD in Military Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Patokov B.B.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Gorobchuk A.R.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gor.sas2020@mail.ru

**Kohaniy A.F.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** In the article, the authors conduct research and consider the historical stages of the development of the domestic technology of variable wing geometry, from the appearance of the idea to its practical application. The object of the study is the technology of variable geometry of the wing of domestic aircraft.

**Keywords:** variable wing geometry, aircraft, wing, speed, modification, equipment, flight range.

«Чтобы действительно познать предмет –  
надо охватить, изучить все его стороны,  
все связи и «опосредования».

Мы никогда не достигнем этого полностью,  
но требование всесторонности предостережет  
нас от ошибок и от омертвления»

В.И. Ленин

**И**дея создания летательного аппарата с крылом изменяемой стреловидности будоражила умы ведущих конструкторских объединений еще в период Второй Мировой войны, как и идея создания летательных аппаратов с реактивной силовой установкой. Многие авиаконструкторы США и СССР в конце Второй Мировой войны уже предполагали, что угол крыльев для достижения большей скорости в полете необходимо изменять. Однако, достичь создания серийной модели с крылом изменяемой стреловидности получилось американской фирме GeneralDynamics в виде F-111, в далеком по меркам авиации 1967 году. Но стоит учитывать, что вылет первого Су-7Б с крылом изменяемой стреловидности состоялся 2 августа 1966 года. В эпоху после Второй Мировой войны, в особенности после 5 марта 1946 года, открывшей эпоху «Хо-

лодной войны» «Фултонской речи» Уинстона Черчилля в стенах Вестминстерского колледжа (Фултон, штат Миссури, США) более ясно обозначился элемент состязательности, как в самолетостроении, так и в развитии новых систем вооружения в общем.

Кроме того, в период 1947–1949 годов усилилось противостояние на Ближнем Востоке (Арабо-израильские войны). Боевая советская авиация училась новым способам и методикам ведения перехвата воздушной цели, воздушного боя. Наша авиация помогала соблюдать условия паритета, то есть способности к отражения возможного нападения противника.

1965 год в отечественном самолетостроении знаменует появлением идеи создания самолета с изменяемой геометрией крыла. Предпосылкой к этому являлась задача увеличения бомбовой нагрузки самолетов, что влекло за собой отрицательное влияние на аэродинамические характеристики самолета. Отечественным КБ ставились задачи не только уменьшить взлетно-посадочную скорость, увеличить дальность полета, но и изобрести универсальное решение для полетов на разных скоростях. Сделать часть крыла поворотной! Именно такую идею для решения поставленной проблемы в 1965 году предложил известный конструктор Павел Осипович Сухой (рис. 1). Принцип простой: на взлете крылья с наименьшим углом стреловидности образуют максимальное удлинение, что увеличивает подъемную силу, а на сверхзвуковых скоростях крылья сложены, что уменьшает лобовое сопротивление и позволяет развивать большие скорости.

Экспериментальным самолетом стал Су-7Б. Руководителем проекта назначен Николай Григорьевича Зырин\*. Под личным контролем Павла Осиповича Сухого модель под названием «С-22И» стала разрабатываться назначенными специалистами. Изначально планировалось сделать крыло фиксируемым только в двух крайних положениях (собранном и расправленном).



Рисунок 1 – Павел Осипович Сухой за работой

После разработки механизма изменяемой геометрии, позволяющего останавливать крыло при любом угле стреловидности, решение было изменено. Стреловидность могла изменяться в диапазоне от 30 до 63 градусов. Для продления срока использования механизма было разработано специальное смазочное вещество под названием «Свинцоль»\*. Учитывая, что данное нововведение позволило улучшить аэродинамические характеристики самолета, стоит отметить, что пришлось уменьшить объем топливного бака из-за габаритов механизма, масса крыла самолета увеличилась на 400 кг. Как бы ни казалось это движением в отрицательную сторону, испытания показали, что при этом увеличились летно-технические характеристики самолета, так как изменяемая геометрия крыла привела к уменьшению расхода топлива и увеличению дальности полета, длина разбега становилась короче, а это значит, что больший спектр аэродромов мог содержать на вооружении данные самолеты.

Вылет первого испытательного самолета состоялся 2 августа 1966 года. За штурвалом экспериментального самолета находился 39-летний заслуженный летчик-испытатель Владимир Сергеевич Ильюшин\*, сын знаменитого авиаконструктора, подарившего отечественной авиации Ил-76. Владимир Сергеевич после первого полета отозвался о самолете так: «Машина устойчива и хорошо управляется по всем трем осям, во всем диапазоне стреловидности крыла».



Рисунок 2 – В.С. Ильюшин на фоне Ту-144

Дальнейшие летные испытания прошли без происшествий. Многие летчики хотели опробовать машину в деле.

Не лишним будет вспомнить слова летчика-космонавта Дважды Героя Советского Союза Германа Степановича Титова\*, который назвал самолет «удивительно интересным и нужным». Что ожидало эти самолеты в будущем, уже прекрасно понимали, как летчики, так и правительство страны, увидев и освоив такой самолет. 9 июля 1967 года самолет совершил полет над зрителями воздушного показа в Домодедово, посвященного 50-летию Октябрьской революции.

На самолете могли применяться пороховые ускорители, способствующие уменьшению длины разгона при взлете. Первые боевые действия с применением авиации показали, что в случае внезапной атаки противника всего за пару минут может быть уничтожен не только аэродром, но и самолеты, стоящие на земле. Следовательно, в случае внезапного нападения на аэродром, пороховые ускорители практически необходимы для самолетов с большой длиной разгона.



Рисунок 3 – Су-7БМ с пороховыми ускорителями

Машину назвали Су-7БМ. За ним через короткий промежуток времени последовало решение о создании более перспективного самолета с изменяемой геометрией крыла Су-17. Су-17 отличался от Су-7БМ большим спектром вооружения и оборудования, применяемым в самолете. Су-17 известен тем, что на нем впервые применялся сброс ядерной бомбы с кабрированием, бомбометание с полупетли. Михаил Никитович Мишук выражался о самолете так: «Дерзкую по своему замыслу идею управлять аэродинамикой самолета в полете блестяще воплотил в своем самолете Павел Осипович Сухой. Сложная конструкция поворотного крыла была «вживлена» в тело уже летавшего несколько лет и претерпевшего много модификаций самолета Су-7Б. Надо быть Сухим, чтобы решиться на такой смелый эксперимент для боевого самолета! Идея оказалась дальновидной и практичной».

Таблица 1 – Таблица представленных самолетов СССР и РФ с изменяемой геометрией крыла

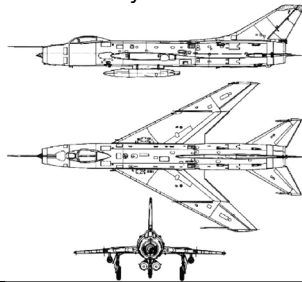
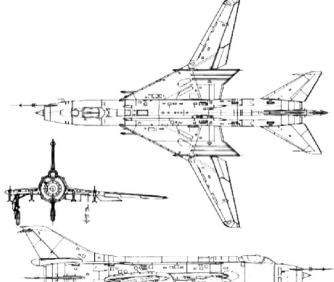
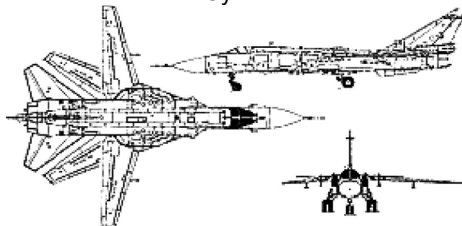
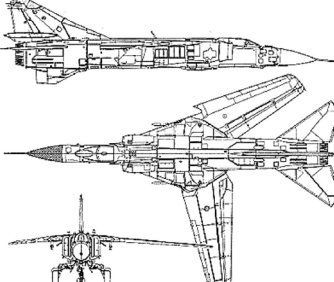
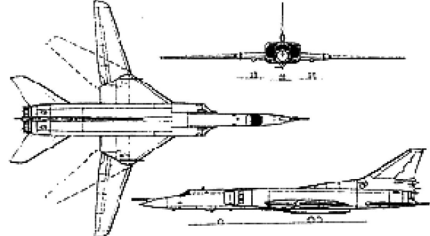
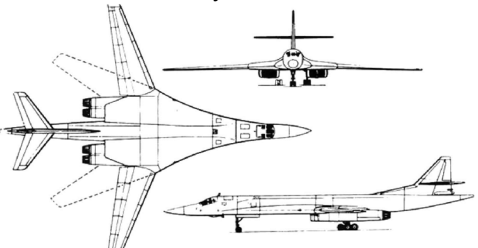
Год создания	Тип воздушного судна	Углы	Применение
1966	Су-7БМ 	30–63°	Экспериментальный самолет
1969	Су-17 	30–63°	Истребитель-бомбардировщик
1974	Су-24 	16–69°	Тактический фронтовой бомбардировщик
1970	МиГ-23 	16–72°	Фронтовой истребитель
1978	Ту-22М 	20–65°	Дальний многорежимный ракетоносец-бомбардировщик
1987	Ту-160 	20–65°	Сверхзвуковой стратегический бомбардировщик-ракетоносец

Таблица 2 – Практическое применение самолетов с изменяемой геометрией крыла

Тип самолета	Количество выпущенных самолетов (примерно)	Вооруженные конфликты, в которых применялись самолеты с изменяемой геометрией крыла
Су-17 (по классификации НАТО Fitter)	2867	Война в Ливане, война в Афганистане, Ирано-Иракская война, война в Чаде, война в Анголе, война в Персидском заливе, гражданская война в Ливии, гражданская война в Сирии
Су-24 (по классификации НАТО Fencer)	1400	Война в Афганистане, война в Персидском заливе, война в Карабахе, гражданская война в Таджикистане, войны в Чечне, война в Южной Осетии, гражданская война в Ливии, гражданская война в Сирии, вооруженный конфликт на востоке Украины
МиГ-23 (по классификации НАТО Flogger)	4399	Ирано-Иракская война, война в Афганистане, война в Ливане, война в Анголе, война в Персидском заливе, война в Карабахе, гражданская война в Сирии, гражданская война в Сирии
Ту-22М (по классификации НАТО Backfire)	500	Война в Афганистане, войны в Чечне, войны в Южной Осетии, гражданская война в Сирии
Ту-160 (по классификации НАТО (Blackjack))	35	Гражданская война в Сирии

Самолеты с крыльями изменяемой геометрии крыла применялись и в условиях боевых действий. Например, Су-17, переживший много модификаций, выпускался до 1990-х годов, до сих пор находится на вооружении многих государств. Самолет получил боевое крещение в ходе арабо-израильской войны 1973 года. Он «прошел боевые крещения» по всему свету от Ливана, Анголы и Перу до Ирака, Йемена и Чада. Даже конфликты в Сирии Су-17 не оставались без его участия. Однако самым известным применением Су-17 стала Афганская война (1979–1989 гг.). Местом базирования Су-17 был выбран аэродром Шинданд.

МиГ-23 также стал ярким представителем технологии изменяемой геометрии крыла и широко применялся в Афганском конфликте. Впервые МиГ-23 использовался в Афганистане в ходе масштабной операции в Раббати-Джали (на юге страны) в апреле 1982 года. Ставилась задача: уничтожить перевалочную базу душманов. Высаживавшийся в пустынном районе десант требовалось надежно прикрыть с воздуха, так как не исключалось противодействие иранской авиации. МиГ-21 для этого не хватало дальности полета – от ближайших авиационных полков было около 500 км. Расчистить дорогу армии из 70 вертолетов с десантом предстояло эскадрилье Су-17МЗ, а для истребительного сопровождения и изоляции района с воздуха была направлена эскадрилья МиГ-23М. К лету 1984 года МиГ-21 заменили на более совершенные, доработанные МиГ-23МЛ. При использовании данного самолета в качестве истребителя демонстрировалась более высокая боевая эффективность.



Рисунок 4 – Карта расположения авиационных полков в период конфликта в Афганистане



По характеру горно-песчаной местности условия Афганистана оставляли желать лучшего: морозы резко сменялись ливнями, песчаные бури, снижавшие видимость до 200–300 метров и делавшие полеты невозможными, высокие температуры летом, постоянная иссушающая жара, не спадавшая даже ночью, разреженный воздух в зоне пилотирования. Все эти факторы отрицательно влияли не только на технику, но и на экипажи. Аэродромов, пригодных для базирования, было всего 5, они располагались на высоте 1500–2000 метров от уровня моря. По качеству ВПП, одобренными оказались только Баграм и Джелалабад. Не смотря на все отрицательные условия, маневренные характеристики самолета показали себя достойно. Потери самолетов в основном происходили из-за неправильного применения их в зоне боевых действий и из-за диверсий. Например, за весь 1980 год зенитные средства «талибов» сбили всего один Су-17МЗ. Анализ потерь самолетов показал, что всего 12,5 % от общих потерь самолетов происходило в результате применения автоматов и ручных пулеметов.

Изменяемая геометрия крыла сыграла очень важную роль в эффективности боевого применения бомбардировщиков и истребителей, применявшихся в зоне боевых действий. Дальнее расположение аэродромов компенсировалось увеличением дальности полетов, за счет изменяемой стреловидности крыла, а увеличенная бомбовая нагрузка способствовала уменьшению количества самолетовылетов, в которых летчик каждый раз рисковал своей жизнью.

На самолетах с изменяемой геометрией крыла кроме советских летчиков летали военные пилоты государств Организации Варшавского договора и государств, с которыми СССР сотрудничал длительное время.

Тип самолета	Количество поставленных машин	Годы выпуска	Государства, в которые поставлялся
Су-17	1165	1966	Ангола, Вьетнам, КНДР, Ливия, Польша, Сирия, Украина, Белоруссия, Азербайджан, Армения, Туркмения, ГДР, Чехословакия, Алжир, Афганистан, Болгария, Венгрия, Египет, Ирак, Иран, Йемен, Перу, Узбекистан
Су-24	–	1974	Азербайджан, Алжир, Иран, Сирия, Судан, Узбекистан, Украина, Ангола, Ирак, Белоруссия, Казахстан, Ливия
МиГ-23	500	1970	Алжир, Ангола, Болгария, Куба, Чехословакия, Германия, Египет, Ливия, Венгрия, Ирак, Индия, КНДР, Эфиопия, Вьетнам, Польша, Сирия
Ту-22М	–	1978	Ни одного самолета за рубеж не поставлялось никогда
Ту-160	–	1987	Состоял на вооружении ВВС Украины до 1998 года

С учетом опыта эксплуатации была усовершенствована тактика боевого применения самолетов с изменяемой геометрией крыла, наши Ту-22МЗ в Сирии были применены на высотах, недостижимых средствами ПВО запрещенной в РФ террористической группировки ИГИЛ.

Так, 25 января 2017 года, шесть бомбардировщиков Ту-22МЗ нанесли групповой удар по объектам террористической группировки ИГИЛ (запрещенной в РФ) на северо-востоке САР. «Взлетев с аэродрома на территории Российской Федерации, самолеты поразили опорные пункты и технику террористов в районе населенного пункта Эль-Ишара», – говорится в сообщении Министерства Обороны. Отмечается, что все назначенные цели были уничтожены, что подтверждено средствами объективного контроля. При этом все российские самолеты без потерь вернулись на базу.

Более трагичной стала история развития Ту-160 (по классификации НАТО – Blackjack), являющегося талисманом самолетов отечественной стратегической авиации, показывающих всю мощь дальней авиации СССР и в последующем России. После распада СССР по договоренностям со странами НАТО, эти самолеты пошли на безжалостный распил, технология создания Ту-160 была частично утеряна. На данный момент количество самолетов, находящихся в ВКС РФ засекречено, но известно, что 8 самолетов было отдано России Украиной после распада СССР в 1991 году.



Рисунок 5 – Ту-22М3



Рисунок 6 – Утилизация Ту-160 на Украине

Даже, учитывая, что сейчас проходит модернизация и восстановление технологий создания данного самолета, авиапарк данной «легенды» еще недостаточно полон. К сожалению, Ту-22М3, Ту-160 являются представителями уходящей эпохи самолетов с изменяемой геометрией крыла. Примечательно, что именами Героев Советского Союза и России, непосредственно связанных с авиацией, называют стратегические ракетосцы Ту-160 и Ту-22М3.

На сегодняшний день 16 самолетов Ту-160 и 4 самолета Ту-22М3 имеют собственные имена.



Рисунок 7 – Ту-160 на боевом дежурстве

Нельзя не упомянуть Су-24, принятый на вооружение в 1975 году, зарекомендовавший себя в Афганистане, применяемый с 2015 года в составе ВКС РФ в боевых действиях в Сирии для разведки и бомбардировки расположений противника. Крылья изменяемой геометрии и сегодня способствуют успешному выполнению возложенных на самолет задач. Половина боевых вылетов ВКС России пришлось на Су-24М. По словам заслуженного летчика РФ генерал-майора Владимира Попова, «Ключевая особенность Су-24 заключается в возможности полетов на предельно малой высоте с огибанием рельефа местности, причем не только днем при видимости горизонта. Также поражает способность машины поднимать в воздух несколько полутонн. У этого самолета невероятная огневая мощь. Да, Су-24 ветеран, но я уверен, что он еще долго будет служить нашей стране».



Рисунок 8 – Су-24 на взлете

Подводя итоги, стоит отметить, что этап развития авиации с изменяемой геометрией крыла составил целую эпоху в истории отечественной реактивной и сверхзвуковой авиации. Самолеты с изменяемой геометрией крыла доказали свою полезность и эффективность не только в мирное время, но и встречаясь с врагом лицом к лицу в бою. Су-17, а позднее Ту-22М3, Ту-160 и Су-24 и нынче «крадут сон» у военных аналитиков, представителей оборонных и военных ведомств НАТО, США и Запада.

### Литература

1. Шунков В. Воздушная мощь России. – 2018.
2. Павлов С. Комбинированные летательные аппараты с изменяемой геометрией крыла. – 2014.
3. Марковский В. Боевая авиация в Афганской войне. – 2017.
4. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
5. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
6. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
7. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
8. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – 190 с.
9. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
10. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
11. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. Фракталы и их применение // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 130–134.
12. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В.Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.

13. Малыгина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 199–203.
14. Гордиенко С.А., Курбасов А.М. Актуальность применения мультязычных электронных обучающих курсов для инженерно-технической подготовки иностранных военнослужащих, не владеющих языком обучения // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 127–130.
15. Гордиенко С.А., Курбасов А.М. Пути совершенствования макротерминосистемы эксплуатации авиационной техники как совокупности частных микротерминосистем преподаваемых дисциплин // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 139–142.
16. Гордиенко С.А., Курбасов А.М., Попов А.А. Курсовая работа как способ формирования профессиональной компетентности курсанта летного вуза в области наземной инженерно-технической подготовки // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. сборник материалов XXI Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2020. – С. 111–114.
17. Гордиенко С.А., Курбасов А.М., Попов А.А. Пример формирования элементов терминосистемы в области эксплуатационных ограничений силовой установки самолета // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXI Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2020. – С. 115–120.
18. Гордиенко С.А., Курбасов А.М., Маркелов В.И. Валидность программных оболочек для диагностирования образовательных достижений национальных военных кадров // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 127–130.

УДК 621.315.5/6, 621.78

**ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ НОРМАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ  
ВЕКТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**



**BOUNDARY CONDITIONS FOR NORMAL COMPONENTS OF  
ELECTROMAGNETIC FIELD VECTORS**

**Панков В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Баженов А.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Панков Д.В.**

Министерство обороны РФ  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Для оценки сходимости экспериментальных исследований углеродного волокна с нанесенными покрытиями с результатами математического моделирования проведен анализ граничных условий электромагнитных полей.

**Ключевые слова:** углеволокно, плазма, покрытие, электромагнитное поле, углеродное волокно, углеродные нанотрубки.

**Pankov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Bazhenov A.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Pankov D.V.**

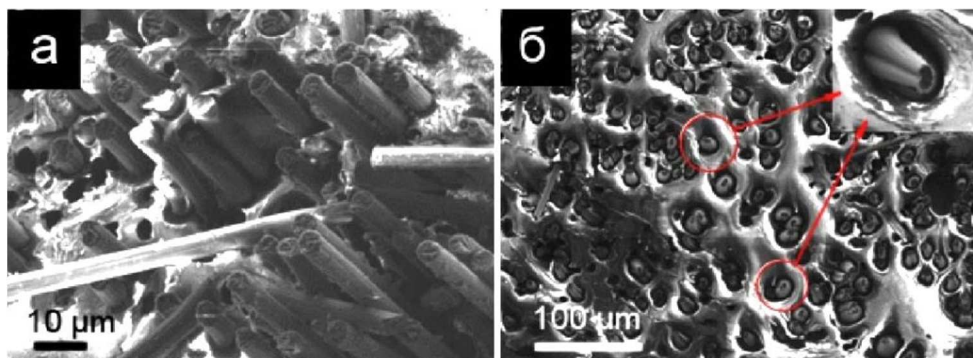
Ministry of Defense of  
the Russian Federation  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** To assess the convergence of experimental studies of carbon fiber with applied coatings with the results of mathematical modeling, an analysis of the boundary conditions of electromagnetic fields was carried out.

**Keywords:** carbon fiber, plasma, coating, electromagnetic field, carbon fiber, carbon nanotubes.

На практике, при исследовании электромагнитных полей (ЭМП), чаще всего, приходится иметь дело с различными средами, граничащими друг с другом [1, 2, 3]. Примеры различных сред (композиционные материалы на основе модифицированного углеродного волокна), рассматриваемых при научных исследованиях, рассмотрены ниже (рис. 1–4).

При этом, как правило, границы бывают резкими: параметры одной среды скачком переходят в параметры другой. Так как уравнения Максвелла являются линейными дифференциальными уравнениями, то на такой границе они имеют бесконечное множество решений, т.е. теряют физический смысл. Возникает задача дополнить уравнения Максвелла уравнениями, связывающими векторы в различных граничащих средах [4, 5].



**Рисунок 1** – РЭМ-изображение структуры поверхности области разрушения образца углепластика на основе : а – исходных углеродных нитей; б – модифицированных углеродных нитей с применением нанотрубок

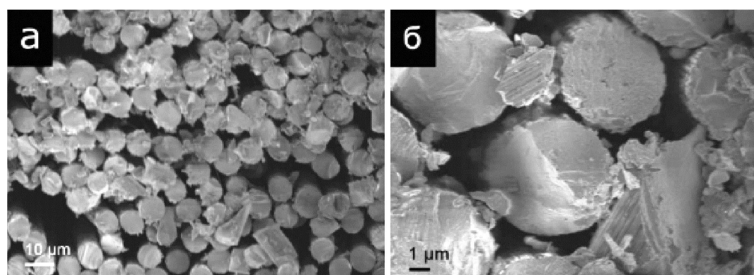


Рисунок 2 – Срез образца жгута углеродного образца, пропитанного каучуком после вулканизации: а – увеличение в 1100 раз; б) увеличение в 5500 раз

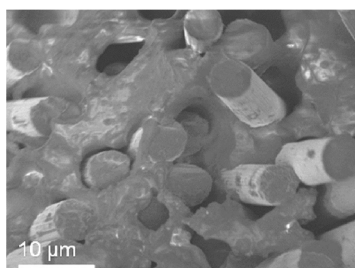


Рисунок 3 – Фрактограмма композиционного материала на основе полиуретана

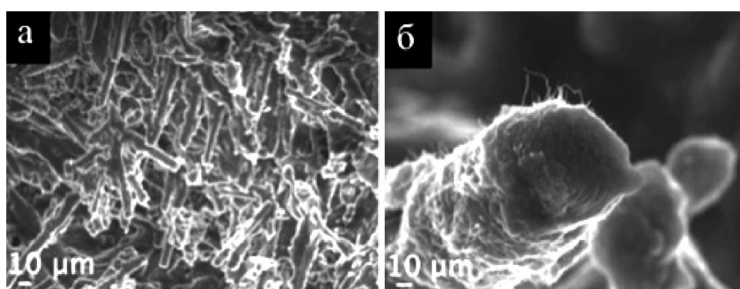


Рисунок 4 – Фрактограмма КМ состава УВ+полимер+УНТ (а, б)

Граничными условиями называются соотношения между одноименными векторами поля в двух разнородных граничащих средах. Так как поля по-разному взаимодействуют с веществом вдоль границы раздела и поперек нее, то целесообразно ввести граничные условия для составляющих, расположенных касательно и перпендикулярно границе раздела [6, 7].

Граничные условия для нормальных составляющих векторов  $E$  и  $H$ .

Поверхность  $Q$  является поверхностью раздела двух сред. В тонком слое между  $S_1$  и  $S_2$  параметры первой среды плавно переходят в параметры второй среды,  $S_1$  и  $S_2$  проецируются на поверхность  $Q$  как  $S_{12}$  (рис. 5). К  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_{12}$  восстановлены нормали  $\vec{n}_1$ ,  $\vec{n}^0$ ,  $\vec{n}_2$ . При этом  $\vec{n}_1^0 = \vec{n}^0$ ;  $\vec{n}_2^0 = -\vec{n}^0$ .

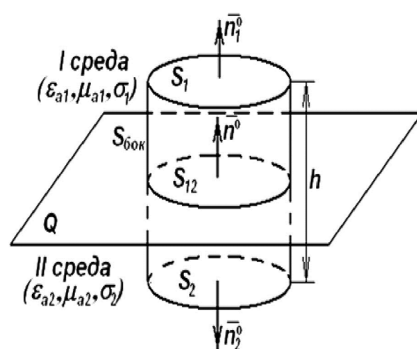


Рисунок 5 – К выводу граничных условий для нормальных составляющих векторов  $D$  и  $B$

Требуется определить граничные условия для нормальных составляющих векторов ЭМП.

Воспользуемся третьим и четвертым уравнениями Максвелла, которые применительно к условиям данной задачи запишутся в виде:

$$\oint_S \bar{D} d\bar{S} = \int_{S_1} \bar{D}_1 d\bar{S}_1 + \int_{S_2} \bar{D}_2 d\bar{S}_2 + \int_{S_{\text{бок}}} \bar{D}_{\text{бок}} d\bar{S}_{\text{бок}} = \int_V \rho_V dV; \quad (1)$$

$$\oint_S \bar{B} d\bar{S} = \int_{S_1} \bar{B}_1 d\bar{S}_1 + \int_{S_2} \bar{B}_2 d\bar{S}_2 + \int_{S_{\text{бок}}} \bar{B}_{\text{бок}} d\bar{S}_{\text{бок}} = 0. \quad (2)$$

Устремим  $h \rightarrow 0$ . При этом произойдет следующее:

а)  $S_1, S_2 \rightarrow S_{12}; S_{12} \rightarrow 0, V = S_{12} \times h \rightarrow 0$ ;

б) поскольку  $\bar{D}_{\text{бок}}$  и  $\bar{B}_{\text{бок}}$  конечны, а пределы интегрирования  $S_{\text{бок}} \rightarrow 0$ , то третьи интегралы в (1) и (2) стремятся к нулю;

в)  $\lim_{V \rightarrow 0} \int_V \rho_V dV = \lim_{S_1, S_2 \rightarrow S_{12}} \int_{S_{12}} \int_h \rho_V dh dS_{12} = \int_{S_{12}} \rho_S dS_{12}$ ;

г) поскольку  $h \rightarrow 0$ , то  $d\bar{S}_1 = \bar{n}_1^0 d\bar{S}_1 = \bar{n}^0 d\bar{S}_1, d\bar{S}_2 = \bar{n}_2^0 d\bar{S}_2 = -\bar{n}^0 d\bar{S}_2$ ;

$$\lim_{S_1 \rightarrow S_{12}} \int_{S_1} \bar{D}_1 d\bar{S}_1 + \lim_{S_2 \rightarrow S_{12}} \int_{S_2} \bar{D}_2 d\bar{S}_2 = \int_{S_{12}} (\bar{D}_1 - \bar{D}_2) \bar{n}^0 dS_{12};$$

$$\lim_{S_1 \rightarrow S_{12}} \int_{S_1} \bar{B}_1 d\bar{S}_1 + \lim_{S_2 \rightarrow S_{12}} \int_{S_2} \bar{B}_2 d\bar{S}_2 = \int_{S_{12}} (\bar{B}_1 - \bar{B}_2) \bar{n}^0 dS_{12}.$$

С учетом условий (а-г) формулы (1) и (2) запишутся в виде:

$$\int_{S_{12}} (\bar{D}_1 - \bar{D}_2) \bar{n}^0 dS_{12} = \int_{S_{12}} \rho_S dS_{12}; \quad (3)$$

$$\int_{S_{12}} (\bar{B}_1 - \bar{B}_2) \bar{n}^0 dS_{12} = 0, \quad (4)$$

из которых следует, что

$$(\bar{D}_1 - \bar{D}_2) \bar{n}^0 = \bar{D}_{1n} - \bar{D}_{2n} = \rho_S, \quad (5)$$

$$(\bar{B}_1 - \bar{B}_2) \bar{n}^0 = \bar{B}_{1n} - \bar{B}_{2n} = 0. \quad (6)$$

Если вектор  $\vec{E}$  электрического поля расположен перпендикулярно к плоскости раздела идеальных диэлектрика и проводника, то свободные заряды в последнем перемещаются также перпендикулярно поверхности.

На поверхности раздела идеальных диэлектрика и проводника образуется тонкий слой зарядов, которые для диэлектрика являются нескомпенсированными и возбуждают в нем электрическое поле  $E_{n2} = E_{n1}$ , следовательно,

$$E_n = E_{n1} + E_{n2} = 2E_{n1}.$$

В проводнике же электрическое поле по-прежнему не существует, так как полностью скомпенсировано свободно движущимися зарядами.

При нормальном расположении вектора  $\vec{E}$  на границе раздела двух диэлектриков следует иметь в виду, что величина вектора  $\bar{D}$  одинакова при поляризации различных диэлектриков одним и тем же внешним полем.

Поэтому можно записать

$$D_{n1} = D_{n2},$$

или

$$\frac{E_{n1}}{E_{n2}} = \frac{\epsilon_{a2}}{\epsilon_{a1}}$$

Физически данную формулу можно объяснить появлением на границе раздела двух диэлектриков нескомпенсированных зарядов, вызывающих скачок напряженности электрического поля. Если поле переходит из среды с большей диэлектрической про-

нищаемостью в среду с меньшей диэлектрической проницаемостью, то нормальная составляющая напряженности электрического поля уменьшится скачком в  $\epsilon_{a2} / \epsilon_{a1}$  раз. Если поле переходит из среды в среду в обратном направлении, то нормальная составляющая во столько же раз увеличивается.

Рассмотрим поведение переменного магнитного поля на границе раздела вакуума и идеального немагнитного проводника. Если вектор  $H_{n1}$  расположен перпендикулярно поверхности раздела, то он наводит на поверхности проводника элементарные вихревые токи  $J_s$ , которые замыкаются вокруг вектора  $H_{n1}$  по правилу правого винта. Соседние элементарные токи образуют элементарный ток  $J_s^1$ , который по правилу правого винта возбуждает в вакууме переменное магнитное поле  $H_{n1}$ , направление которого противоположно первичному полю, т.е.

$$H_n = H_{n1} - H_{n1}^1 = 0, \text{ или } H_{n1} = H_{n2}.$$

Граничные условия для векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в граничащих средах с параметрами  $\epsilon_{a1}, \mu_{a1}, \epsilon_{a2}, \mu_{a2}$  найдем из (5), (6) при  $\rho_s = 0$  и материальных уравнений  $\vec{D} = \epsilon_a \vec{E}$ ,  $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_a}$ . Поскольку  $D_n = \epsilon_a E_n$ ;  $B_n = \mu_a H_n$ , то

$$\frac{E_{1n}}{E_{2n}} = \frac{\epsilon_{a2}}{\epsilon_{a1}}; \quad \frac{H_{1n}}{H_{2n}} = \frac{\mu_{a2}}{\mu_{a1}}. \quad (7)$$

Из соотношений (5)–(7) следует, что:

1.  $D_n$  при переходе через границу раздела двух различных сред изменяется скачком на величину поверхностной плотности зарядов  $\rho_s$ ,  $B_n$  непрерывна. При  $\rho_s = 0$  (что характерно для границы раздела двух идеальных диэлектриков)  $D_n$  также непрерывна.

2.  $E_n$ ,  $H_n$  при переходе через границу раздела двух идеальных диэлектриков ( $\rho_s = 0$ ) изменяются скачком на величину  $\frac{\epsilon_{a2}}{\epsilon_{a1}}$  и  $\frac{\mu_{a2}}{\mu_{a1}}$  соответственно.

Знание характеристического сопротивления среды позволяет находить электрическое поле в плоской волне по известному магнитному полю, и наоборот. Глубина скин-слоя (глубины проникновения) д.т.е. расстояния, за которое электромагнитная волна затухает в среде в «e» раз, определяется выражением

$$d = \sqrt{2/\omega\mu_a\sigma}.$$

На рисунках 6, 7 представлены зависимости, полученные в результате математического моделирования в среде Matlab [8, 9, 10, 11], проникновения электромагнитного излучения в глубину исследуемого материала с помощью выражения  $d = \sqrt{2/\omega\mu_a\sigma}$  при условии, что удельная проводимость углеродного волокна лежит в диапазоне 0,18–0,25 См/м, а частота электромагнитных колебаний изменяется от 100 МГц до 10 ГГц. Для алюминиевого покрытия приняты два значения удельной проводимости:  $3,5 \times 10^7$  и  $3,7 \times 10^7$  см/м.

Как следует из рисунков 6, 7, ослабление электромагнитного излучения в 2,72 раза наблюдается значительно чаще в СВЧ-диапазоне (десятки гигагерц). Эти же частоты являются наиболее вредными для человеческого организма и в то же время являются предпочтительными при выборе частоты несущих колебаний в сетях сотовой связи четвертого и пятого поколений.

Толщина скин-слоя в диапазоне сверхвысоких частот для углеродного волокна без покрытия не превышает 4 см, а с покрытием – не более 1 мкм.

При  $k_{\alpha z} = 1$  напряженность поля в  $e \approx 2,72$  раза меньше, чем при  $z = 0$ . Введем также коэффициент затухания  $k_{\alpha}^0$ , выраженный в децибелах на метр (дБ/м):  $k_{\alpha}^0 = 20 \lg e^{k_{\alpha}} = 8,686 k_{\alpha}$ .



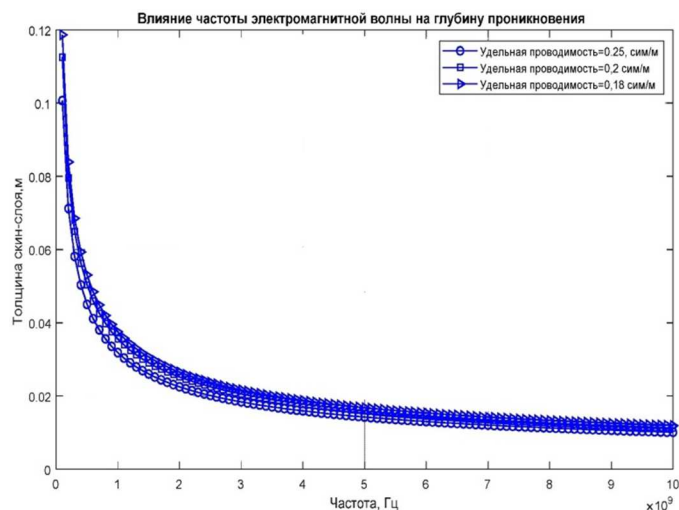


Рисунок 6 – Зависимость толщины скин-слоя от частоты электромагнитного излучения для углеродного волокна

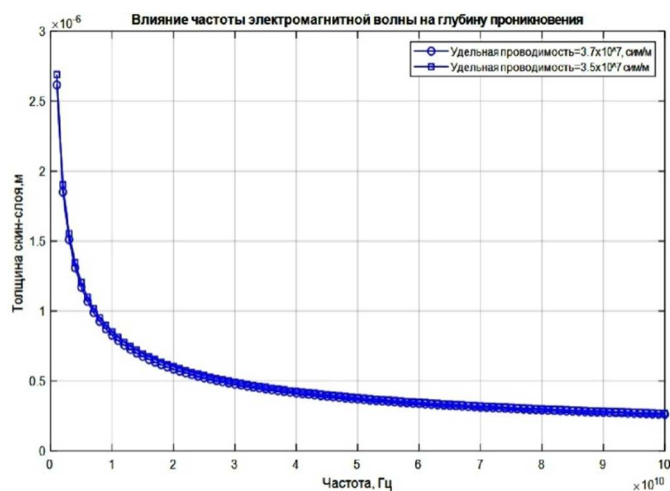


Рисунок 7 – Зависимость толщины скин-слоя от частоты электромагнитного излучения для углеродного волокна с покрытием

На рисунке 8 показана зависимость коэффициента  $k_{\alpha}^0$  от удельной проводимости и частоты электромагнитного излучения.

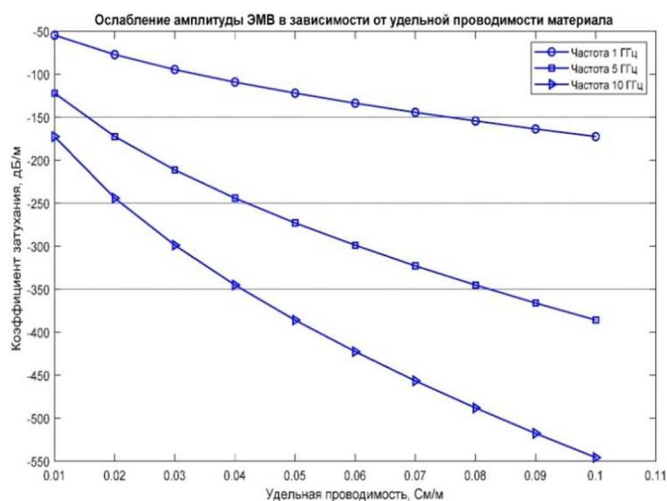


Рисунок 8 – Графики зависимости коэффициента  $k_{\alpha}^0$  от удельной проводимости и частоты электромагнитного излучения

Как следует из графиков, представленных на рисунке 8, коэффициент затухания растет с увеличением удельной проводимости и частоты электромагнитного излучения.

**Список литературы:**

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Технологические процессы производства и ремонта летательных аппаратов и авиационных двигателей: Учебное пособие / В.П. Панков [и др.] ; Краснодарское ВВАУЛ им. А.К.Серова. – Краснодар, 2020. – 328 с.
2. Панков В.П. Исследование характеристик износостойкости покрытий и наплавленных материалов для восстановления изделий из чугуна // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 9 (153). – С. 387–392.
3. Панков В.П., Баженов А.В., Соловьев В.А. Анализ микроволнового излучения печей СВЧ с разработкой технологических мероприятий по его снижению // НаукаПарк. – 2014. – № 2-2 (22). – С. 47–51.
4. Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 2 (146). – С. 92–96.
5. Исследование электромагнитной проницаемости плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 4 (148). – С. 174–179.
6. Оценка потенциальной точности алгоритма ориентации инерциальной навигационной системы / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 86–89.
7. Алгоритм определения ошибок ориентации подвижных ортогональных систем координат / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 89–93.
8. Развитие пространственного мышления при создании анимации с использованием автоматизированного программного комплекса / В.В. Степанов [и др.] // В сборнике: Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 178–182.
9. Степанов В.В., Степанова М.В., Савицкий Ю.А. Планирование эксперимента при поиске эффективных условий протекания технологического процесса // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 279–283.
10. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
11. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Техническое регулирование. История. Развитие. Закон: монография / В.И. Медведев [и др.] ; Краснодарское ВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар, 2020. – С. 550.

УДК 621.315.5/6, 621.78

**ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ КАСАТЕЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ  
ВЕКТОРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**



**BOUNDARY CONDITIONS FOR TANGENT COMPONENTS OF  
ELECTROMAGNETIC FIELD VECTORS**

**Панков В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Баженов А.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Панков Д.В.**

Министерство обороны РФ  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Для оценки сходимости экспериментальных исследований углеродного волокна с нанесенными покрытиями с результатами математического моделирования проведен анализ граничных условий электромагнитных полей.

**Ключевые слова:** углеволокно, плазма, покрытие, электромагнитное поле, углеродное волокно, углеродные нанотрубки.

**Pankov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Bazhenov A.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Pankov D.V.**

Ministry of Defense of  
the Russian Federation  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** To assess the convergence of experimental studies of carbon fiber with applied coatings with the results of mathematical modeling, an analysis of the boundary conditions of electromagnetic fields was carried out.

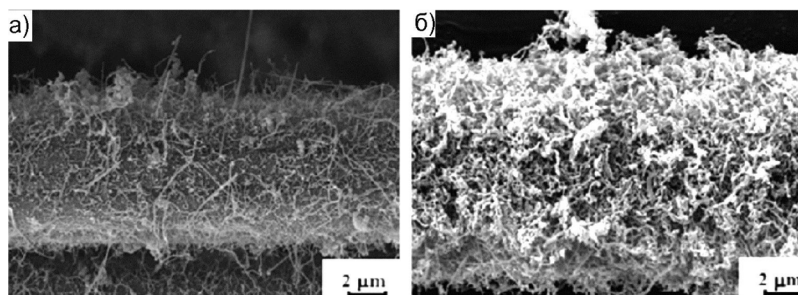
**Keywords:** carbon fiber, plasma, coating, electromagnetic field, carbon fiber, carbon nanotubes.

Для придания углеродным волокнам (УВ) особых свойств и специфической активности в зависимости от их дальнейшего применения проводят обработку поверхности углеродного волокна или их модификацию различными способами [18]: путём окисления в газовой или жидкой фазах, электрохимическим окислением, обработкой плазмой, «физическое» и «химическое» активирование поверхности и т.д. Часто проводят и физическую и химическую модификацию исходных углеродных волокон одновременно. Но в большинстве случаев для образования углеродных нанотрубок (УНТ) на поверхности углеродного волокна используют процесс CVD, и поэтому необходимо наличие катализатора. Часто катализатором для данного процесса являются переходные металлы подгруппы железа: железо, кобальт или никель.

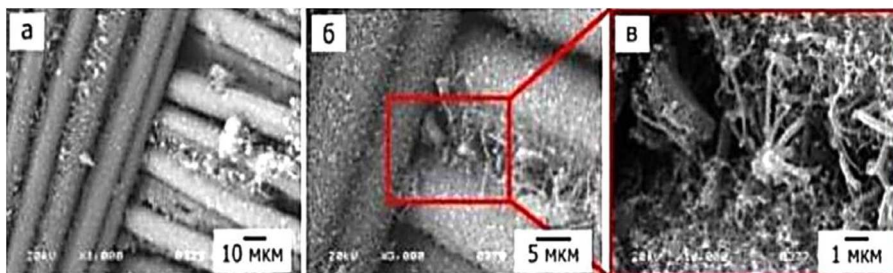
На практике, при исследовании электромагнитного поля (ЭМП), чаще всего, приходится иметь дело с различными средами, граничащими друг с другом. Примеры различных сред, рассматриваемых при научных исследованиях, рассмотрены ниже (рис. 1–5).

При этом, как правило, границы бывают резкими: параметры одной среды скачком переходят в параметры другой. Так как уравнения Максвелла являются линейными дифференциальными уравнениями, то на такой границе они имеют бесконечное множество решений, т.е. теряют физический смысл. Возникает задача дополнить уравнения Максвелла уравнениями, связывающими векторы в различных граничащих средах.

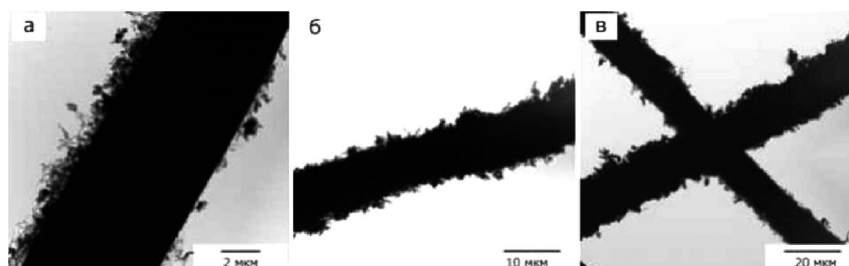
*Граничными условиями* называются соотношения между одноименными векторами поля в двух разнородных граничащих средах. Так как поля по-разному взаимодействуют с веществом вдоль границы раздела и поперек нее, то целесообразно ввести граничные условия для составляющих, расположенных касательно и перпендикулярно границе раздела. Граничные условия для касательных (тангенциальных) составляющих векторов  $E$  и  $H$ .



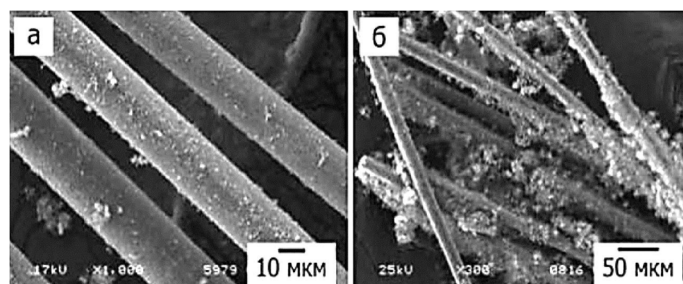
**Рисунок 1** – РЭМ изображения филамента УВ с УНТ, полученными на катализаторе, осажденном из газовой фазы при разных условиях: а – поток водорода 100 мл/мин, температура 800 °С; б – поток водорода 300 мл/мин, температура 800 °С



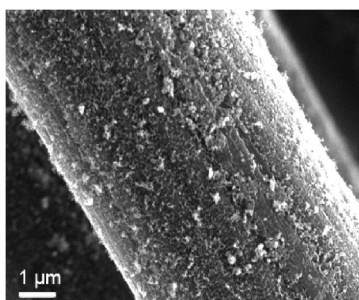
**Рисунок 2** – Снимки РЭМ модифицированной углеродной ткани (2,5 мас.% Ni, этилен, 600 °С, выход УНВ –78 %)



**Рисунок 3** – По данным ПЭМ: модифицирование различных типов углеродных волокон: а – фибра; б – нить; в – ткань (2,5 мас. % Ni, этилен, 600 °С)



**Рисунок 4** – Снимки РЭМ гибридного материала 2,5 мас.% (Ni-Cu)/УНВ/ БВ: а – этилен, выход УНВ – 20 %; б– этилен: Ag (1:2), выход УНВ – 50 %



**Рисунок 5** – Результат модификации УВ, покрытого слоем оксида алюминия солевым методом с применением катализатора железа, нанесенным методом пропитки

Даны две различные среды: первая с  $\epsilon_{a1}, \mu_{a1}, \sigma_1$ ; вторая –  $\epsilon_{a2}, \mu_{a2}, \sigma_2$ ;  $S_{12}$  – поверхность границы раздела двух сред. Проведем близкие к  $S_{12}$  поверхности:  $S_1$  – в первой среде,  $S_2$  – во второй среде, и будем считать, что в тонком переходном слое между  $S_1$  и  $S_2$  параметры первой среды плавно переходят в параметры второй среды (рис. 6).

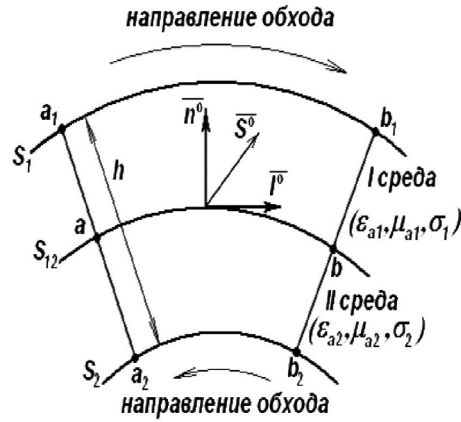


Рисунок 6 – К выводу граничных условий для касательных составляющих векторов  $E$  и  $H$

При таком предположении электромагнитные параметры и векторы поля в этом слое остаются непрерывными и конечными функциями координат и времени. Поэтому на границе раздела можно пользоваться уравнениями Максвелла.

Требуется определить граничные условия для касательных (тангенциальных) составляющих их векторов ЭМП.

Проведем замкнутый контур  $L$  ( $a, a_1, b_1, b, b_2, a_2, a$ ), лежащий в первой и второй средах. Восстановим нормали:  $\bar{n}^0$  – к границе раздела  $S_{12}$  и  $\bar{S}^0$  – к плоскости, опирающейся на контур  $L$ , а также проведем касательную  $\bar{l}^0 = [\bar{S}^0, \bar{n}^0]$  к границе раздела (см. рис. 6). Запишем второе и первое уравнения Максвелла для контура  $L$  (обход контура  $L$  происходит по часовой стрелке):

$$\oint_L \bar{E} d\bar{l} = \int_{aa_1} \bar{E}_1 d\bar{l} + \int_{a_1b_1} \bar{E}_1 d\bar{l} + \int_{b_1b} \bar{E}_1 d\bar{l} + \int_{bb_2} \bar{E}_2 d\bar{l} + \int_{a_2b_2} \bar{E}_2 d\bar{l} + \int_{a_2a} \bar{E}_2 d\bar{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \bar{D} d\bar{S}; \quad (1)$$

$$\oint_L \bar{H} d\bar{l} = \int_{aa_1} \bar{H}_1 d\bar{l} + \int_{a_1b_1} \bar{H}_1 d\bar{l} + \int_{b_1b} \bar{H}_1 d\bar{l} + \int_{bb_2} \bar{H}_2 d\bar{l} + \int_{a_2b_2} \bar{H}_2 d\bar{l} + \int_{a_2a} \bar{H}_2 d\bar{l} = \int_S \bar{J} d\bar{S} + \frac{\partial}{\partial t} \int_S \bar{D} d\bar{S}, \quad (2)$$

где  $\bar{E}_1, \bar{E}_2, \bar{H}_1, \bar{H}_2$  – значения векторов в первой и второй средах,  $S$  – плоскость, опирающаяся на  $L$ .

Устремим поверхности  $S_1$  и  $S_2$  к  $S_{12}$ , т.е.  $h \rightarrow 0$ . При этом:

а)  $aa_1, b_1b, bb_2, a_2a \rightarrow 0$ ;  $a_1b_1, a_2b_2 \rightarrow ab$ ;  $S = ab \times h \rightarrow 0$ ;

б) поскольку  $\bar{E}_1, \bar{E}_2, \bar{H}_1, \bar{H}_2$  конечны, а пределы интегрирования  $aa_1, b_1b, bb_2, a_2a \rightarrow 0$ ; то 1, 3, 4, 6 – интегралы (1) и (2)  $\rightarrow 0$ ;

в) поскольку  $\bar{D}$  конечен, а  $S \rightarrow 0$ , то правая часть формулы (1)  $\rightarrow 0$ ;

г) слагаемое в первой части выражения (2)  $\int_S \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} d\bar{S} \rightarrow 0$ , так как  $\bar{D}$  конечен,  $S \rightarrow 0$ ;

д) слагаемое в правой части выражения (2)

$$\lim_{S \rightarrow 0} \int_S \bar{J} d\bar{S} = \lim_{\substack{l \rightarrow ab \\ h \rightarrow 0}} \int_l \int_h \bar{J} \bar{S}^0 dl dh = \int_{ab} \bar{J}_s \bar{S}^0 dl; \quad (3)$$

е) поскольку в первой среде направление обхода совпадает с  $1^0$ , а во второй – противоположно, то в первой среде  $d\bar{l} = -\bar{l}^0 dl$ ,

$$\lim_{a_1 b_1 \rightarrow ab} \int_{a_1 b_1} \bar{H}_1 \bar{l}^0 dl - \lim_{a_2 b_2 \rightarrow ab} \int_{a_2 b_2} \bar{H}_2 \bar{l}^0 dl = \int_{ab} (\bar{H}_1 - \bar{H}_2) \bar{l}^0 dl;$$

$$\lim_{-a_1 b_1 \rightarrow ab} \int_{a_1 b_1} \bar{E}_1 \bar{l}^0 dl - \lim_{a_2 b_2 \rightarrow ab} \int_{a_2 b_2} \bar{E}_2 \bar{l}^0 dl = \int_{ab} (\bar{E}_1 - \bar{E}_2) \bar{l}^0 dl.$$

С учетом условий (а–е) формулы (1) и (2) будут иметь вид:

$$\int_{ab} (\bar{E}_1 - \bar{E}_2) \bar{l}^0 dl = 0; \quad (4)$$

$$\int_{ab} (\bar{H}_1 - \bar{H}_2) \bar{l}^0 dl = \int_{ab} \bar{J}_s \bar{S}^0 dl, \quad (5)$$

из которых следует что

$$(\bar{E}_1 - \bar{E}_2) \bar{l}_0 = E_{1\tau} - E_{2\tau} = 0; \quad (6)$$

$$(\bar{H}_1 - \bar{H}_2) \bar{l}_0 = H_{1\tau} - H_{2\tau} = \bar{J}_s \cdot \bar{S}^0 = J_s^S. \quad (7)$$

Граничные условия для векторов  $\bar{D}$  и  $\bar{B}$  найдем из материальных уравнений среды  $\bar{D} = \epsilon_a \bar{E}$ ,  $\bar{H} = \frac{\bar{B}}{\mu_a}$  и граничных условий (6), (7) при  $J_s^S = 0$ .

Поскольку из материальных уравнений

$$E_\tau = \frac{D_\tau}{\epsilon_a}; H_\tau = \frac{B_\tau}{\mu_a}, \text{ то } \frac{D_{1\tau}}{D_{2\tau}} = \frac{\epsilon_{a1}}{\epsilon_{a2}}; \frac{B_{1\tau}}{B_{2\tau}} = \frac{\mu_{a1}}{\mu_{a2}}. \quad (8)$$

Из формул (6)–(8) следует, что

а) составляющая  $\bar{E}_\tau$  при переходе ЭМП через границу раздела двух сред не изменяется, т.е. составляющая  $\bar{E}_\tau$  всегда непрерывна, составляющая  $\bar{H}_\tau$  изменяется скачком на величину поверхностной плотности тока проводимости  $j_s^S$ . Если  $j_s^S = 0$  (что характерно для границы двух идеальных диэлектриков), то составляющая  $\bar{H}_\tau$  непрерывна;

б) составляющие  $D_\tau$  и  $B_\tau$  при переходе через границу раздела двух идеальных диэлектриков претерпевают скачок, равный отношению  $\frac{\epsilon_{a1}}{\epsilon_{a2}}$  и  $\frac{\mu_{a1}}{\mu_{a2}}$  соответственно.

Рассмотрим случай, когда вектор  $\bar{E}$  электрического поля расположен касательно к плоскости раздела идеального диэлектрика и проводника.

В идеальном проводнике имеются свободные заряды, которые под действием внешнего электрического поля будут перемещаться до тех пор, пока электрическое поле, создаваемое этими зарядами, не станет по величине равным внешнему полю. По направлению внешнее поле и поле внутри проводника противоположны, т.е. взаимно компенсируют друг друга.

Это означает физически, что электрическое поле в проводниках существовать не может.

Таким образом, граничные условия для тангенциальной составляющей вектора  $\bar{E}$  суммарного поля на границе раздела  $E_\tau = E_{\tau 1} - E_{\tau 2}$ , или  $E_{\tau 1} = E_{\tau 2}$ . Для изменяющегося во времени электрического поля граничные условия будут выглядеть аналогично, только наводимые им заряды и вторичные поля в проводнике также будут изменяться во времени.

Реальный механизм возникновения поляризации для некоторых диэлектриков может быть различным, но в первом приближении достаточно использования этой модели.

Рассмотрим поведение тангенциальной составляющей вектора  $\bar{E}$  на бесконечной границе раздела двух идеальных диэлектриков.

Несмотря на различную степень поляризации диэлектриков, что объясняется различным числом молекул в единице объема и различной способностью к поляризации молекул разных диэлектриков, в целом каждый из диэлектриков остается нейтральным, поэтому и напряженность электрического поля не изменяется, т.е.

$$E_{\tau 1} = E_{\tau 2}, \text{ или } \frac{D_{\tau 1}}{D_{\tau 2}} = \frac{\epsilon_{a1}}{\epsilon_{a2}},$$

граничное условие для тангенциальных составляющих вектора электрического смещения означает физически, что под действием электрического поля, касательного к границе раздела диэлектрики поляризуются по-разному, так что величина напряженности суммарного поля не изменяется.

### Список литературы:

1. Панков В.П., Жидков В.Е. *Материаловедение и технологические процессы в сервисе*. – Ставрополь : ООО «Мысль», 2012. – 337 с.
2. Панков В.П. Исследование характеристик износостойкости покрытий и наплавленных материалов для восстановления изделий из чугуна // *Упрочняющие технологии и покрытия*. – 2017. – № 9 (153). – С. 387–392.
3. Панков В.П., Шаталов А.И., Жидков В.Е. Плазменные комбинированные покрытия поршневых колец – инструмент повышения ресурса автотракторных ДВС // *Автомобильная промышленность*. – 2014. – № 6. – С. 32–36.
4. Панков В.П., Баженов А.В., Соловьев В.А. Анализ микроволнового излучения печей СВЧ с разработкой технологических мероприятий по его снижению // *НаукаПарк*. – 2014. – № 2-2 (22). – С. 47–51.
5. Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // *Упрочняющие технологии и покрытия*. – 2017. – № 2 (146). – С. 92–96.
6. Исследование электромагнитной проницаемости плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // *Упрочняющие технологии и покрытия*. – 2017. – № 4 (148). – С. 174–179.
7. Оценка потенциальной точности алгоритма ориентации инерциальной навигационной системы / И.П. Шепеть [и др.] // *НаукаПарк*. – 2015. – № 4 (34). – С. 86–89.
8. Алгоритм определения ошибок ориентации подвижных ортогональных систем координат / И.П. Шепеть [и др.] // *НаукаПарк*. – 2015. – № 4 (34). – С. 89–93.
9. Использование логических операций при моделировании в системе автоматизированного проектирования / Д.Г. Борзов [и др.] // В сборнике: *Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей 9 Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова*. – 2019. – С. 135–140.
10. Степанов В.В., Степанова М.В., Савицкий Ю.А. Планирование эксперимента при поиске эффективных условий протекания технологического процесса // В сборнике: *X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей*. – Краснодар, 2020. – С. 279–283.
11. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: *Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет*. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
12. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Техническое регулирование. История. Развитие. Закон: монография / В.И. Медведев [и др.] ; Краснодарское ВВАУЛ им. А.К. Серова – Краснодар, 2020. – 550 с.
13. Развитие пространственного мышления при создании анимации с использованием автоматизированного программного комплекса / В.В. Степанов [и др.] // В сборнике: *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции*. – 2019. – С. 178–182.

УДК 621.315.5/6, 621.78

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ  
УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН И ТКАНЕЙ С ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ**



**INVESTIGATION OF ELECTROMAGNETIC PROPERTIES OF  
CARBON FIBERS AND PLASMA-COATED FABRICS**

**Панков В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Баженов А.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Панков Д.В.**

Министерство обороны РФ  
kvvaul@mail.ru

**Швецов А.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Проведен анализ электромагнитных свойств различных материальных сред с целью разработки углеродных высокоактивированных лент и волокон с плазменным напылением с одновременно высокими показателями емкости, электропроводимости, теплостойкости, малой глубиной проникновения электромагнитного излучения.

**Ключевые слова:** углеволокно, плазма, покрытие, электрическое поле, магнитное поле, электрический ток, диэлектрическая проницаемость.

**Pankov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Bazhenov A.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Pankov D.V.**

Ministry of Defense of  
the Russian Federation  
kvvaul@mail.ru

**Shvetsov A.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** An analysis of the electromagnetic properties of various material media has been carried out to develop highly activated carbon tapes and plasma-coated fibers with simultaneously high capacitance, electrical conductivity, heat resistance, and low penetration depth of electromagnetic radiation.

**Keywords:** carbon fiber, plasma, coating, electric field, magnetic field, electric current, permittivity.

**Р**азработка углеродных высокоактивированных лент и волокон с одновременно высокими показателями емкости, электропроводимости, теплостойкости, малой глубиной проникновения электромагнитного излучения является важной задачей при производстве инновационных материалов [1].

Известно большое количество электропроводящих красок (патент Франции 2662703, C09D 5/24, 1992г., патент РФ № 2083618, 2042694, 2364967, 2065467, 2280657, 2042694, 2091182, 2460750, 2405799, 2228565, 2414029, 2362839).

Известна электропроводящая краска на основе полимерного пленкообразующего, в состав которой входит растворитель связующего и мелкодисперсный электропроводный наполнитель из частиц графита или углерода с содержанием 10–50 % от общего веса состава. Данная электропроводящая краска может содержать наполнитель в виде смеси металлических частиц и частиц графита или только в виде графита.

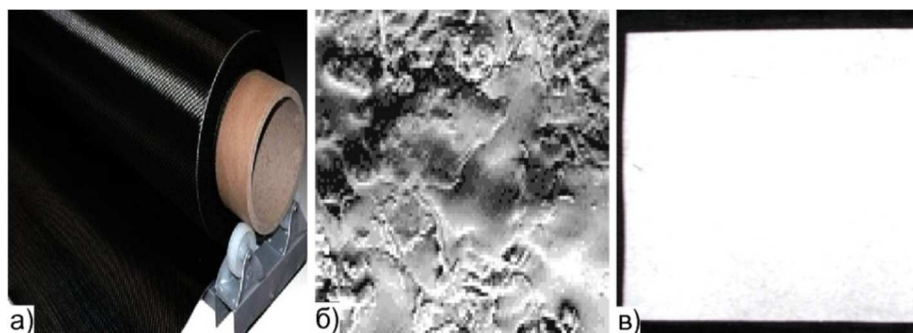
Известен состав по патенту РФ № 2065467, включающий пленкообразующее, органический растворитель: смесевой растворитель марки Р-5А, а также графит и порошокобразное карбонильное железо в мас. % соответственно 17,3–20,6 и 9,8–41,7. Включение в состав наполнителя карбонильного железа, слабо влияющего на электропроводящие свойства, улучшает механическую прочность получаемого электропроводящего покрытия за счет эффекта армирования.



Известен состав для электропроводящих покрытий и способ изготовлений твердых электропроводящих покрытий (патент на изобретение РФ № 2460750, опубл. 10.09.2012), содержащий пленкообразующий сополимер, органический растворитель и токопроводящую смесь на основе порошков графита и карбонильного железа, дополнительно содержащей порошок технического углерода (сажу) при определенном соотношении компонентов.

Известна коррозионностойкая и электропроводящая композиция и способ ее нанесения (патент РФ № 2405799, опубл. 10.12.2010). Композиция содержит компоненты, мас. %: пироуплотненный терморасширенный графит 10–55 (содержание пироуглерода от массы графита 4–5 %), фторполимер Ф42, остальное – ацетон. Композиция обеспечивает улучшение электропроводящих свойств, коррозионной стойкости и прочности получаемых с использованием композиции изделий.

Технический результат наших исследований достигается за счет нового состава керметной композиции в нанесении плазменных покрытий, а именно введения в состав керметной смеси алюминия и никель-алюминия для повышения электропроводности, придания покрытию свойства поглощать электромагнитные волны, использование в качестве стабилизирующей добавки в порошке диоксида циркония оксида иттрия с целью исключения полиморфных превращений при забросах температур и повышения термостойкости покрытия [2, 3, 4, 5, 6].



**Рисунок 1** – Углеродная ткань (а), (б) – структура покрытия при плазменном напылении, (в) – углеродная ткань с плазменным покрытием

Для исследования возможности использования углеродных материалов с плазменным металлическим покрытием для повышения электропроводности и снижения глубины проникновения электромагнитных полей (ЭМП) в различные материальные среды необходимо выполнить анализ их электромагнитных свойств [7, 8, 9, 10].

ЭМП представляет собой единство двух своих составляющих – электрического и магнитного полей. Считают, что поле определено, если в каждой точке пространства известны величины и направления четырех векторов:  $\vec{E}$  – напряженности электрического поля;  $\vec{D}$  – электрического смещения (иначе – электрической индукции);  $\vec{B}$  – магнитной индукции;  $\vec{H}$  – напряженности магнитного поля.

Как известно, источниками ЭМП являются *электрические заряды*  $q(t)$  и *токи*  $i(t)$ .

Заряды могут быть как *точечными*, так и *распределенными*. Распределенные заряды в каждой точке характеризуются дифференциальной скалярной величиной – *плотностью заряда*  $\rho(x, y, z, t)$ .

Различают плотности заряда:

$$\begin{aligned} \text{объемную } \rho_v &= \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dV}; \quad [\text{Кл/м}^3]; \\ \text{поверхностную } \rho_s &= \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta S} = \frac{dq}{dS}; \quad [\text{Кл/м}^2]; \\ \text{линейную } \rho_l &= \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta l} = \frac{dq}{dl}; \quad [\text{Кл/м}]. \end{aligned} \quad (1)$$

Полный заряд в объеме  $V$ , на поверхности  $S$  или вдоль линии  $l$  (тонкой нити) определяется выражением:

$$q(t) = \int_{v(s,l)} \rho_{v(s,l)}(x, y, z) dV (dS, dl) \text{ [Кл];} \quad (2)$$

Упорядоченное движение зарядов создает электрический ток, называемый истинным током или током проводимости. Если объемный заряд движется со скоростью  $\mathbf{v}$ , то в каждой точке поля можно определить *вектор объемной плотности электрического тока* равный по величине пределу отношения заряда  $\Delta q$ , проходящего за время  $\Delta t$  через площадку  $\Delta S$ , перпендикулярную направлению движения заряда, к произведению ( $\Delta S \Delta t$ ) при  $\Delta t \rightarrow 0$  и  $\Delta S \rightarrow 0$ :

$$\bar{J}_V = \rho \bar{v}, \quad (3)$$

$$\bar{J}_V = \lim_{\substack{\Delta S \rightarrow 0 \\ \Delta t \rightarrow 0}} \frac{\Delta q}{\Delta S \Delta t} \mathbf{e}_v, \quad (4)$$

где  $\mathbf{e}_v$  – орт, направление которого совпадает с направлением движения зарядов.

Определим размерность вектора  $\bar{J}_V$ . Из формулы (3)  $[\bar{J}_V] = (\text{Кл}/\text{м}^3) \times (\text{м}/\text{с}) = \text{Кл}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Введя единицу скорости изменения зарядов *ампер*:  $A = \text{Кл}/\text{с}$ , найдем, что вектор плотности электрического тока имеет размерность  $A/\text{м}^2$ .

*Электрический ток*, протекающий сквозь некоторую поверхность (например, сечение проводника), определяется в результате интегрирования выражений:

$$I = \int_S \bar{J}_{Vn} dS = \int_S \bar{J}_V \mathbf{n} dS, A \quad (5)$$

где  $\mathbf{n}$  – нормаль в данной точке поверхности  $S$ .

Если перемещение зарядов сконцентрировано только в узкой области на поверхности объекта, то используют понятия *поверхностного тока* и *поверхностной плотности тока*  $\bar{J}_S$ .

Условимся, что если не будет оговорено дополнительно, то далее в формулах плотность тока проводимости принимается как объемная и обозначается без индекса  $\bar{J}$ .

Плотность тока проводимости определяется из закона Ома в дифференциальной форме:

$$\bar{J} = \sigma \bar{E}, \quad (6)$$

где  $\sigma$  – удельная проводимость среды,  $[\text{См}/\text{м}]$ .

На практике наличие ЭМП обнаруживается по его *силовому воздействию* на заряженные частицы:

$$\bar{F} = \bar{F}_e + \bar{F}_M = q(\bar{E} + \bar{V} \times \bar{B}). \quad (7)$$

Рассмотрим слагаемые  $F_e = q\bar{E}$  и  $F_M = q(\bar{V} \times \bar{B})$ . Известно, что электрическое поле воздействует на неподвижный и на движущийся электрический заряд с силой, определяемой *законом Кулона*  $\bar{F}_e = q\bar{E}$ , изменяя при этом скорость  $\bar{V}$  его движения по величине и по направлению. Это свойство ЭП используется в электровакуумных и ионных приборах, электронно-лучевых трубках с электростатическим управлением

$$\bar{F}_e = q\bar{E} \Rightarrow \bar{E} = \bar{F}_e / q; \left[ \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{А}} = \frac{\text{В}}{\text{м}} \right]. \quad (8)$$

Из равенства (8) следует, что  $\bar{E}$  (вектор напряженности ЭП) представляет собой дифференциальную векторную величину и характеризует силовое воздействие электрического поля на единичный электрический заряд  $q$ . Известно, то магнитное поле (МП) воздействует только на движущийся электрический заряд с силой, называемой *силой Лоренца*

$$\bar{F}_M = q[\bar{V}, \bar{B}] \Rightarrow \bar{B} = \bar{F}_M / q\bar{V}, \quad (9)$$

откуда получаем уравнение

$$\bar{B} = \frac{\bar{F}_{\max}}{Vq}, \left[ \frac{H \cdot c}{KлМ} = \frac{B \cdot c}{M^2} = \frac{Bб}{M^2} = Tл \right], \quad (10)$$

из которого следует, что  $\bar{B}$  (вектор магнитной индукции МП) представляет собой дифференциальную векторную величину и характеризует силовое воздействие МП на единичный электрический заряд  $q$ , движущийся перпендикулярно силовым линиям МП с единичной скоростью.

Итак,  $\bar{E}$  и  $\bar{B}$  характеризуют одно из фундаментальных свойств электрического заряда – способность взаимодействовать с ЭМП, созданными другими электрическими зарядами.

Другим фундаментальным свойством является способность электрического заряда создавать собственное ЭМП. Оно проявляется в том, что электрическая сила зависит от свойств среды, в которой существует ЭМП. Это свойство характеризуется вектором электрической индукции (электрического смещения)

$$\bar{D} = \epsilon_a \bar{E}, \quad (11)$$

где  $\epsilon_a$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды;  $\epsilon_a = \epsilon_r \epsilon_0$ ;  
 $\epsilon_r = \epsilon_a / \epsilon_0$  – относительная диэлектрическая проницаемость;  
 $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость свободного пространства (диэлектрическая постоянная  $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}$ ;  $\left[ \frac{\Phi}{M} \right]$ ). Размерность  $\bar{D} \left[ \frac{Kл}{M^2} \right]$ .

Магнитная сила Лоренца также зависит от *свойств среды*, где существует МП. Это выражается таким образом:

$$\bar{H} = \frac{\bar{B}}{\mu_a}, \quad (12)$$

где  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость,  $\mu_a = \mu_r \mu_0$ ;  
 $\mu_r = \frac{\mu_a}{\mu_0}$  – относительная магнитная проницаемость;  
 $\mu_0$  – магнитная постоянная (магнитная проницаемость свободного пространства  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ ;  $[Гн/м]$ ).

Существует связь

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = c, \quad (13)$$

где  $c \approx 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость распространения ЭВМ (скорость света) в свободном пространстве.

Закон полного тока Эрстеда–Ампера  $\oint \bar{H} d\bar{l} = I$  дает размерность  $\bar{H} [A/м]$ . В дифференциальной форме закон полного тока определяет, что ротор вектора напряженности магнитного поля в любой его точке равен сумме плотности истинного электрического тока и скорости изменения вектора электрического смещения в этой точке

$$\text{rot} \bar{H} = \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} + \bar{j}. \quad (14)$$

Плотность истинного тока (тока проводимости) обусловлена движением зарядов в проводниках (либо переносом заряженных частиц или тел неэлектрическими силами, а также их движением по инерции (конвекционный ток).

Частную производную от  $\bar{D}$  по времени называют также *плотностью тока смещения*:  $J_{CM} = \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}$ .

Итак, магнитное поле создается при любом движении электрических зарядов (электрическом токе) и изменении во времени вектора электрического смещения.

Введение комплексной диэлектрической проницаемости позволяет более просто учесть конечный характер проводимости реальных сред. При этом формальная запись основных соотношений для ЭМП не изменяется. Математическое описание энергетических процессов при комплексной форме записи также упрощает их анализ и в ряде случаев проясняет физический смысл явлений [8, 9].

Добавив в выражение (14) плотность токов, вызванных перемещением зарядов под действием внешних (сторонних) источников  $\bar{J}_{\text{см}}$ , получим

$$\text{rot } \bar{H} = \sigma \bar{E} + \bar{J}_{\text{ст}} + j\omega \epsilon_a \bar{E} = \bar{J}_{\text{ст}} + j\omega \left( \epsilon_a - j \frac{\sigma}{\omega} \right) \bar{E},$$

где  $\bar{\epsilon}_a = \epsilon_a - j \frac{\sigma}{\omega}$  – комплексная диэлектрическая проницаемость.

С учетом комплексной диэлектрической проницаемости первые два уравнения Максвелла можно переписать в виде:

$$\begin{aligned} \text{rot } \bar{H} &= \bar{J}_{\text{ст}} + j\omega \bar{\epsilon}_a \bar{E}, \\ \text{rot } \bar{E} &= -j\omega \mu_a \bar{H}. \end{aligned} \quad (15)$$

Если среда – идеальный диэлектрик ( $\sigma = 0$ ), то  $\bar{\epsilon}_a = \epsilon_a$ .

Отсюда следует, что уравнение Максвелла для случая проводящей среды ( $\sigma \neq 0$ ) получается из уравнений Максвелла, записанных для идеального диэлектрика заменой  $\epsilon_a$  на  $\bar{\epsilon}_a$ . Таким образом, можно утверждать, что проводящую среду можно рассматривать как непроводящую, но имеющую комплексную диэлектрическую проницаемость  $\bar{\epsilon}_a$ .

В природе нет идеальных проводников. Но в ряде случаев, когда удельная проводимость  $\sigma$  проводника велика, удобно считать, что проводник является идеальным, т.е.  $\sigma = \infty$ . Такое допущение значительно упрощает решение ряда задач в электродинамике, а возникающей при этом ошибкой можно пренебречь [7, 10].

#### Список литературы:

1. Медведев В.И., Панков В.П. Инновационный потенциал вуза // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 45–51.
2. Панков В.П. Исследование характеристик износостойкости покрытий и наплавленных материалов для восстановления изделий из чугуна // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 9 (153). – С. 387–392.
3. Панков В.П., Шаталов А.И., Жидков В.Е. Плазменные комбинированные покрытия поршневых колец – инструмент повышения ресурса автотракторных ДВС // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 32–36.
4. Панков В.П., Баженов А.В., Соловьев В.А. Анализ микроволнового излучения печей СВЧ с разработкой технологических мероприятий по его снижению // НаукаПарк. – 2014. – № 2-2 (22). – С. 47–51.
5. Диагностика микроволновых печей / В.П. Панков [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 2 (32). – С. 62–67.
6. Исследование закономерностей формирования диффузионных покрытий на современных жаропрочных никелевых сплавах / В.П. Панков [и др.] // Ползуновский вестник. – 2020. – № 1. – С. 124–129.
7. Оценка потенциальной точности алгоритма ориентации инерциальной навигационной системы / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 86–89.
8. Алгоритм определения ошибок ориентации подвижных ортогональных систем координат / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 89–93.
9. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Техническое регулирование. История. Развитие. Закон: монография / В.И. Медведев [и др.] ; Краснодарское ВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар, 2020. – 550 с.
10. Степанов В.В., Степанова М.В., Косой В.А. Статистическое оценивание и анализ результатов эксперимента // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 274–278.

УДК621.315.5/6, 621.78

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ  
ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА УГЛЕРОДНОМ ВОЛОКНЕ.  
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ**



**EXPERIMENTAL STUDY OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF  
PLASMA COATINGS ON CARBON FIBER.  
ELECTROSTATIC FIELD**

**Панков В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Баженов А.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Панков Д.В.**

Министерство обороны РФ  
kvvaul@mail.ru

**Швецов А.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Для оценки сходимости экспериментальных исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования проведен анализ основных свойств электростатического поля.

**Ключевые слова:** углеволокно, плазма, покрытие, электростатическое поле, электростатический потенциал, эквипотенциальные поверхности, силовые линии.

**Pankov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Bazhenov A.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Pankov D.V.**

Ministry of Defense of  
the Russian Federation  
kvvaul@mail.ru

**Shvetsov A.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** To assess the convergence of experimental studies of the electrical conductivity of carbon fiber with the results of mathematical modeling, the analysis of the basic properties of the electrostatic field was carried out.

**Keywords:** carbon fiber, plasma, coating, electrostatic field, electrostatic potential, equipotential surfaces, lines of force.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана схема, состоящая из источника постоянного тока DSPowersupplyPS-1502 DD с регулировкой силы тока и выходного напряжения, микроамперметр Ф195, образцы углеродного волокна без покрытия и с плазменным покрытием [1, 2, 3].

Измеряемым параметром является сила тока, протекающего по исследуемому образцу (как по поверхности, так и внутри углеродного волокна). Дифференциальное сопротивление участка цепи, отражающая электропроводность материала влияют на силу тока через выражения (1), (2).

$$\bar{J} = \sigma(\bar{E} + \bar{E}_{CT}) \quad (1)$$

$$I = \int_S \bar{J} dS \quad (2)$$

Для оценки сходимости экспериментальных исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования необходимо провести анализ основных свойств электростатического поля [4, 5, 6, 7].

Статические поля характеризуются тем, что векторы поля, заряды, положение заряженных и намагниченных тел с течением времени не изменяются.

Так как в каждой точке пространства ни одна из электромагнитных характеристик не зависит от времени и заряды в поле не перемещаются, то всегда:

$$\frac{\partial}{\partial t} = 0 \text{ и } \bar{v} = 0.$$

Из выражений следует, что и плотность тока везде равна нулю

$$\bar{j} = 0, \bar{v} = 0,$$

то есть в статическом поле макроскопические токи не протекают. Система уравнений Максвелла для этого случая разбивается на две независимые подсистемы:

– в интегральной форме

$$\left. \begin{aligned} \int_l \bar{E} d\bar{l} &= 0 \\ \int_S \bar{D} d\bar{S} &= q \end{aligned} \right\}; \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \int_l \bar{H} d\bar{l} &= 0 \\ \int_S \bar{B} d\bar{S} &= 0 \end{aligned} \right\}; \quad (4)$$

$$\bar{D} = \epsilon_a \bar{E}; \quad \bar{B} = \mu_a \bar{H};$$

– в дифференциальной форме

$$\left. \begin{aligned} \text{rot} \bar{E} &= 0, \\ \text{div} \bar{D} &= \rho, \end{aligned} \right\}; \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{rot} \bar{H} &= 0, \\ \text{div} \bar{B} &= 0. \end{aligned} \right\}; \quad \bar{D} = \epsilon_\alpha \bar{E}; \quad \bar{B} = \mu_\alpha \bar{H}. \quad (6)$$

Граничные условия вследствие отсутствия токов сводятся к

$$E_{1\tau} = E_{2\tau}, \quad D_{2n} - D_{1n} = \rho_S; \quad H_{1\tau} = H_{2\tau}, \quad B_{1n} = B_{2n}.$$

Математическая независимость подсистем (3) и (4) означает, что в статическом поле разрушена физическая связь между электрическими и магнитными явлениями. Можно, например, положить  $\bar{H} = 0$ , т.е. допустить, что магнитного поля нет совсем. При этом никаких изменений в подсистеме (3) не произойдет, а это и означает, что статическое электрическое поле совершенно не зависит от постоянных магнитных полей.

Несмотря на то, что уравнения (3) и (4) достаточно просты, их непосредственное решение связано с громоздкими выкладками. В самом деле, запишем эти уравнения, например, в декартовой системе координат:

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = 0;$$

$$\frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} = \rho;$$

$$D_x = \epsilon_\alpha E_x, \quad D_y = \epsilon_\alpha E_y, \quad D_z = \epsilon_\alpha E_z.$$

Неизвестными являются  $E_x$ ,  $E_y$  и  $E_z$ . Легко видеть, что процесс исключения неизвестных из систем весьма громоздок. Поэтому для решения такого рода задач используют вспомогательную функцию [8].

Учитывая первое уравнение (5), утверждающее, что электростатическое поле является безвихревым, можно сделать подстановку

$$\bar{E} = -\text{grad} \phi = -\nabla \phi, \quad (7)$$

так как всегда  $\text{rot grad} \phi \equiv 0$ .

Вспомогательную функцию называют *электростатическим потенциалом*  $\varphi$ .

Выясним, какому уравнению подчиняется потенциал.

Для этого подставим (7) во второе уравнение (5). Для однородной среды ( $\epsilon_\alpha = \text{const}$ ) будем иметь

$$\epsilon_\alpha \operatorname{div} \operatorname{grad} \varphi = -\rho,$$

или

$$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_\alpha}. \quad (8)$$

Соотношение (8) называется уравнением Пуассона. В тех точках, где заряд отсутствует ( $\rho = 0$ ), уравнение Пуассона переходит в уравнение Лапласа:

$$\nabla^2 \varphi = 0. \quad (9)$$

Отметим основное преимущество метода потенциала. При расчете поля системы зарядов очень часто пользуются принципом суперпозиции: сначала рассчитывают поле каждого заряда, а затем результаты суммируют. Применение метода суперпозиции для скалярных величин проще, чем для векторных.

Выясним, какими свойствами обладает потенциал.

1. Потенциал должен быть непрерывной функцией. В противном случае в точках нарушения непрерывности потенциала напряженность поля принимала бы бесконечное значение, что невозможно.

2. В соответствии с граничными условиями для  $E_\tau$  и  $D_n \int_{ab} (\bar{E}_1 - \bar{E}_2) \vec{l}^0 dl = 0$ ;

$(\bar{D}_1 - \bar{D}_2) \vec{n}^0 = \bar{D}_{1n} - \bar{D}_{2n} = \rho_s$  потенциал удовлетворяет следующим граничным условиям:

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial \tau} = \frac{\partial \varphi_2}{\partial \tau}; \quad (10)$$

и

$$\epsilon_{\alpha 1} \frac{\partial \varphi_1}{\partial n} - \epsilon_{\alpha 2} \frac{\partial \varphi_2}{\partial n} = \rho S. \quad (11)$$

3. Потенциал электростатического поля определяется не однозначно, а с точностью до произвольной постоянной  $C$ , поскольку

$$\operatorname{grad} \varphi = \operatorname{grad} (\varphi + C) = -E.$$

Поэтому потенциалом может быть как функция  $\varphi$ , так и  $\psi = \varphi + C$ . Такое положение дает возможность для каждой задачи выбирать наиболее удобное значение  $C$ .

Поверхности  $\varphi = \text{const}$  называются эквипотенциальными. Вектор  $E$  в каждой точке нормален к эквипотенциальной поверхности и направлен в сторону убывания потенциала. Что касается вектора  $\operatorname{grad} \varphi$ , то он по смыслу совпадает с направлением максимального роста потенциала, т.е. противоположен вектору  $E$ . Отсюда знак «-» в (7). Установим связь между  $\varphi$  и  $E$  в форме, отличной от (7). Выразим потенциал в произвольной точке  $M$  через потенциал поля в некоторой точке  $O$ . Соединим точки  $O$  и  $M$  произвольной кривой. Изменение потенциала на элементарном участке кривой определится соотношением:

$$d\varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial l} dl = \operatorname{grad} \varphi \cdot \vec{l}^0 \cdot dl = \operatorname{grad} \varphi \cdot dl.$$

Теперь  $\varphi_M$  может быть рассчитан так:

$$\varphi_M = \varphi_O + \int_0^M d\varphi = \varphi_O + \int_0^M \operatorname{grad} \varphi \cdot dl.$$

С учетом (9) получим

$$\varphi_M = \varphi_0 - \int_0^M \mathbf{E}d\mathbf{l} = \varphi_0 + \int_M^0 \mathbf{E}d\mathbf{l}. \quad (12)$$

Так как в электростатическом поле всюду  $\text{rot } \mathbf{E} = 0$ , то по любому контуру  $\oint \mathbf{E}d\mathbf{l} = 0$ . Поэтому потенциал  $\varphi_M$  зависит только от положения точки  $M$  и не зависит от пути, по которому вычисляется интеграл в (12).

Используя свойство однозначности потенциала, положим потенциал  $\varphi_0$  точки  $O$  равным нулю, тогда формула (12) примет вид:

$$\varphi_M = \int_M^0 \mathbf{E}d\mathbf{l}. \quad (13)$$

Выражение (13) позволяет выяснить физический смысл потенциала. Так как для точечного заряда сила  $F_3 = q_0 \mathbf{E}$ , работа по перемещению  $q_0$  на пути  $d\mathbf{l}$  будет

$$dA = F_3 d\mathbf{l} = q_0 \mathbf{E}d\mathbf{l} = -q_0 d\varphi.$$

Тогда работа на пути  $M_1 M_2$  определится соотношением:

$$A = - \int_{M_1}^{M_2} q_0 d\varphi = q_0 (\varphi_{M_1} - \varphi_{M_2}). \quad (14)$$

Соотношение (14) указывает на то, что и работа сил электростатического поля по перемещению зарядов из одних точек в другие определяется только положением этих точек в пространстве. Положив  $q_0 = 1$ , получим  $A = \varphi_{M_1} - \varphi_{M_2} = U$ .

Следовательно, электростатический потенциал – энергетическая характеристика поля. Разность потенциалов (напряжение  $U$ ) между двумя точками определяет работу, затрачиваемую при перемещении единичного заряда из одной точки во вторую.

Энергия электростатического поля в некотором объеме может быть вычислена по формуле:

$$\overline{\mathbf{E}} \text{rot} \overline{\mathbf{H}} - \overline{\mathbf{H}} \text{rot} \overline{\mathbf{E}} = \overline{\mathbf{J}} \overline{\mathbf{E}} + \overline{\mathbf{E}} \frac{\partial \overline{\mathbf{D}}}{\partial t} + \overline{\mathbf{H}} \frac{\partial \overline{\mathbf{B}}}{\partial t}$$

Эта формула, как известно, характеризует часть энергии поля, заключенной в объеме  $V$  в данный момент. В случае электростатического поля  $\mathbf{E} = \text{const}$  и

$$W = W_3 = \int_v \frac{\epsilon_a E^2}{2} dV = \text{const}. \quad (15)$$

Отметим, что вычисление энергии часто бывает удобнее производить по формуле (15), требующей знания напряженности  $\mathbf{E}$  в каждой точке пространства, окружающего заряды, а иначе – приведя подынтегральное выражение (15) к виду:

$$\epsilon_a E^2 = \epsilon_a \overline{\mathbf{E}}^2 = \epsilon_a \overline{\mathbf{E}} \cdot \overline{\mathbf{E}} = -\overline{\mathbf{D}} \cdot \text{grad} \varphi. \quad (16)$$

Учтем, что

$$\text{div} (\varphi \overline{\mathbf{D}}) = \overline{\mathbf{D}} \text{grad} \varphi + \varphi \text{div} \overline{\mathbf{D}}, \text{ а } \text{div} \overline{\mathbf{D}} = \rho.$$

Тогда

$$\epsilon_a E^2 = -\text{div} (\overline{\mathbf{D}} \varphi) + \varphi \text{div} \overline{\mathbf{D}} = -\text{div} \varphi \overline{\mathbf{D}} + \varphi \rho. \quad (17)$$

Подставив (17) в (16), получаем:

$$W_3 = \int_v \frac{\varphi \rho}{2} dV - \int_v \frac{\text{div} \varphi \overline{\mathbf{D}}}{2} dV.$$



После замены второго интеграла по теореме Остроградского–Гаусса, приходим к соотношению:

$$W_3 = \int_V \frac{\varphi \rho}{2} dV - \oint_S \frac{\varphi D_n}{2} dS, \quad (18)$$

где  $S$  – замкнутая поверхность, ограничивающая объем  $V$ .

Пусть заряды, создающие поле, сосредоточены в ограниченной области. Распространим интегрирование на все окружающее пространство. В этом случае в качестве поверхности  $S$  взять сферу с центром где-то среди зарядов и при достаточно большом радиусе весь заряд считать точечным. Тогда  $\varphi$  и модуль  $D$  убывают с расстоянием как  $\frac{1}{r}$  и  $\frac{1}{r^2}$  соответственно, а поверхность сферы  $S$  возрастает пропорцио-

нально  $r^2$ . Таким образом,  $\oint_S \frac{\varphi D_n}{2} dS$  при  $S \rightarrow \infty$  убывает как  $\frac{1}{r}$  и в пределе равен нулю.

Итак, энергия электростатического поля при непрерывном распределении зарядов с плотностью  $\rho$  равна:

$$W_3 = \frac{1}{2} \int_V \varphi \rho dV = \frac{1}{2} \int_V \varphi dq. \quad (19)$$

При этом, как видно, интегрирование распространяется фактически на область  $V$ , которая содержит заряд ( $\rho \neq 0$ ). Полная энергия электростатического поля выражена, таким образом, через источники поля – заряды.

Если электростатическое поле создается поверхностными зарядами, распределенными по поверхности  $S$  с плотностью  $\rho_S$ , то выражение для электростатической энергии принимает вид:

$$W_3 = \frac{1}{2} \oint_S \varphi \rho_S dS. \quad (20)$$

В случае заряженного проводника  $\varphi = \text{const}$ , а  $\oint_S \rho_S dS = q$ . Поэтому

$$W_3 = \frac{1}{2} \varphi q. \quad (21)$$

Потенциал  $\varphi$  уединенного проводника зависит от величины имеющегося на нем заряда  $q$ , а также от его размеров и формы. Отношение заряда к потенциалу остается постоянным при любом значении  $q$  и называется емкостью уединенного проводника

$$C = \frac{q}{\varphi}. \quad (22)$$

С учетом (21) и (22) для энергии уединенного проводника получаем

$$W_3 = \frac{1}{2} C \varphi^2. \quad (23)$$

Наиболее точными являются расчеты для удельной проводимости углеволокна, равной 0,2 см/м.

Для построения линий токов в проводящей среде, вызванных подключением внешнего источника напряжения постоянного тока, воспользуемся аналитическими выражениями для определения эквипотенциальных поверхностей и силовых линий электростатического поля двух заряженных осей [9, 10, 11]. Уравнением эквипотенциали двух заряженных осей является соотношение:

$$k = \frac{r_2}{r_1} = \text{const}. \quad (24)$$

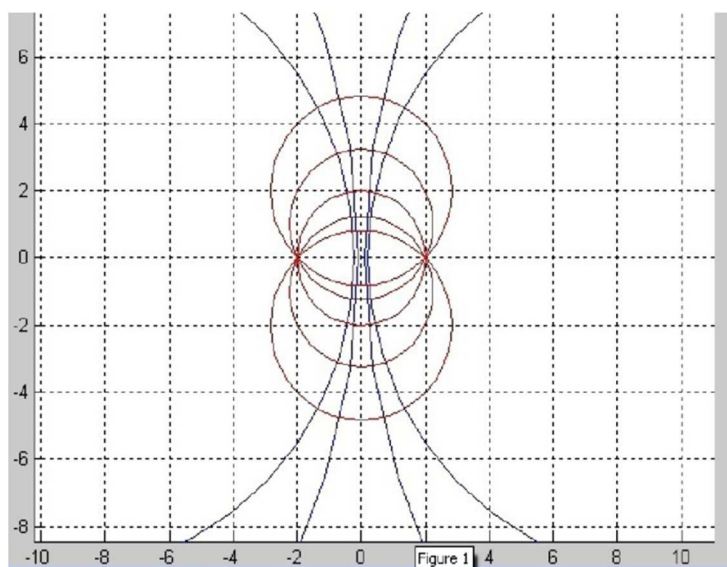
Данному выражению соответствует окружность

$$(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = R^2, \quad (25)$$

где  $x_c, y_c$  – координаты центра окружности;  $R$  – её радиус.

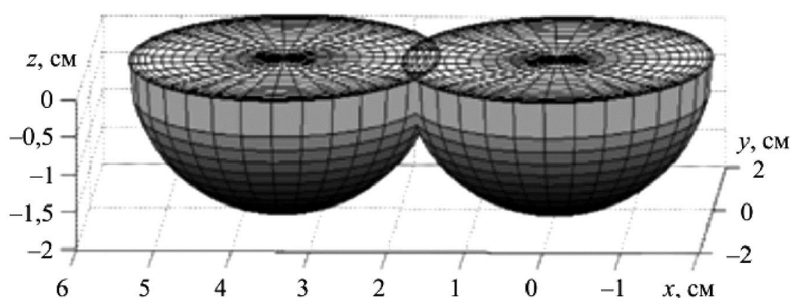
Для моделирования эквипотенциальных поверхностей и силовых линий поля воспользуемся интегрированным пакетом Matlab. Выбор данного пакета обусловлен его широкими возможностями для поведения различных математических расчетов и визуализации результатов графическими средствами.

На рисунке 1 представлены полученные в процессе моделирования графики эквипотенциальных поверхностей и силовых линий электростатического поля двух заряженных осей.



**Рисунок 1** – Результаты моделирования эквипотенциальных поверхностей (синие линии) и силовых линий поля (красные линии) при расположении заряженных осей на расстоянии  $a = \pm 2$  от начала координат

Эквипотенциальные поверхности и линии токов будут представлять собой усеченные сферы (рис. 2).



**Рисунок 2** – Моделирование эквипотенциальных поверхностей усеченными сферами

Допустимо предположить, что нанесение плазменного покрытия из высокопроводящего материала увеличит и выровняет плотность электрического тока по всей поверхности углеродного волокна, тем самым увеличит его электропроводность в районе контактов [12, 13].

#### Список литературы:

1. Панков В.П., Жидков В.Е. Материаловедение и технологические процессы в сервисе. – Ставрополь : ООО «Мысль», 2012. – 337 с.
2. Панков В.П. Исследование характеристик износостойкости покрытий и наплавленных материалов для восстановления изделий из чугуна // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 9 (153). – С. 387–392.

3. Панков В.П., Шаталов А.И., Жидков В.Е. Плазменные комбинированные покрытия поршневых колец – инструмент повышения ресурса автотракторных // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 32–36.
4. Панков В.П., Баженов А.В., Соловьев В.А. Анализ микроволнового излучения печей СВЧ с разработкой технологических мероприятий по его снижению // НаукаПарк. – 2014. – № 2-2 (22). – С. 47–51.
5. Диагностика микроволновых печей / В.П. Панков [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 2 (32). – С. 62–67.
6. Оценка потенциальной точности алгоритма ориентации инерциальной навигационной системы / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 86–89.
7. Алгоритм определения ошибок ориентации подвижных ортогональных систем координат / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 89–93.
8. Степанов В.В., Степанова М.В., Коссой В.А. Статистическое оценивание и анализ результатов эксперимента // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 274–278.
9. Исследование закономерностей формирования диффузионных покрытий на современных жаропрочных никелевых сплавах / В.П. Панков [и др.] // Ползуновский вестник. – 2020. – № 1. – С. 124–129.
10. Использование логических операций при моделировании в системе автоматизированного проектирования / Д.Г. Борзов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2019. – С. 135–140.
11. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Техническое регулирование. История. Развитие. Закон: монография / В.И. Медведев [и др.] ; Краснодарское ВВАУЛ им. А.К.Серова. – Краснодар, 2020. – 550 с.
12. Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 2 (146). – С. 92–96.
13. Исследование электромагнитной проницаемости плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 4 (148). – С. 174–179.

УДК 621.315.5/6, 621.78

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ  
ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА УГЛЕРОДНОМ ВОЛОКНЕ.  
СТАЦИОНАРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ И МАГНИТНОЕ ПОЛЕ**



**INVESTIGATION OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF  
PLASMA COATINGS ON CARBON FIBER.  
STATIONARY ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD**

**Панков В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Баженов А.В.**

кандидат технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Панков Д.В.**

Министерство обороны РФ  
kvvaul@mail.ru

**Швецов А.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Для оценки сходимости экспериментальных исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования проведен анализ основных свойств статического электрического и магнитных полей.

**Ключевые слова:** углеволокно, плазма, покрытие, статическое электрическое поле, статическое магнитное поле.

**Pankov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Bazhenov A.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Pankov D.V.**

Ministry of Defense of  
the Russian Federation  
kvvaul@mail.ru

**Shvetsov A.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The analysis of electromagnetic properties of various material media has been carried out to develop highly activated carbon tapes and plasma-coated fibers with simultaneously high capacitance, electrical conductivity, heat resistance, and low penetration depth of electromagnetic radiation.

**Keywords:** carbon fiber, plasma, coating, electric field, magnetic field, electric current, permittivity.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана схема, состоящая из источника постоянного тока DSPowersupplyPS-1502 DD с регулировкой силы тока и выходного напряжения, микроамперметр Ф195, образцы углеродного волокна без покрытия и с плазменным покрытием (рис. 1, а). Медные контакты со стороны плюса источника питания взяты с размерами (1 x 1) см, (2 x 2) см, (3 x 3) см и (5 x 5) см (рис. 1, б). В процессе проведения варьировались следующие параметры:

- напряжение, подаваемое на исследуемый материал;
- размер контактной площадки (площадь контакта);
- расстояние между контактами.

Измеряемым параметром является сила тока, протекающего по исследуемому образцу (как по поверхности, так и внутри углеродного волокна). Дифференциальное сопротивление участка цепи, отражающая электропроводность материала влияют на силу тока через выражения:

$$\vec{J} = \sigma(\vec{E} + \vec{E}_{CT}), I = \int_S \vec{J} dS.$$

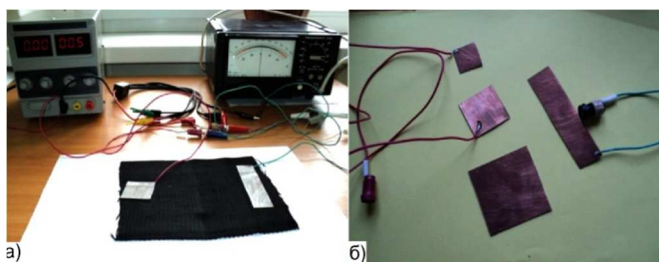


Рисунок 1 – а) – схема экспериментальной установки; б) – варьируемые в процессе эксперимента контакты

Для оценки сходимости экспериментальных исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования необходимо провести анализ основных свойств стационарного электрического поле.

Поле называется стационарным, если все физические величины, характеризующие электромагнитный процесс, в каждой точке сохраняют одно и тоже значение. Стационарное поле отличается от статического тем, что в нем допустимо движение зарядов. Поскольку движение зарядов означает наличие тока и непременно связанного с ним магнитного поля, то могут существовать совместно как электрическое, так и магнитное поле.

Условия стационарности математически формулируются так:

$$\frac{\partial}{\partial t} = 0, \quad \vec{j} = \text{const} \neq 0.$$

Тогда система уравнений Максвелла переходит в систему следующих уравнений:

– в интегральной форме

$$\left. \begin{aligned} \oint \vec{E} d\vec{l} &= 0, \\ \oint_S \vec{D} d\vec{S} &= q, \\ \oint \vec{H} d\vec{l} &= \vec{i}, \\ \oint_S \vec{B} d\vec{S} &= 0. \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$\vec{D} = \epsilon_\alpha \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu_\alpha \vec{H}; \quad \vec{j} = \sigma \vec{E}.$$

– в дифференциальной форме

$$\left. \begin{aligned} \text{rot} \vec{E} &= 0, \\ \text{div} \vec{D} &= \rho, \\ \text{rot} \vec{H} &= \vec{j}, \\ \text{div} \vec{B} &= 0. \end{aligned} \right\}; \quad (2)$$

$$\vec{D} = \epsilon_\alpha \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu_\alpha \vec{H}; \quad \vec{j} = \sigma \vec{E}.$$

Граничные условия

$$E_{1\tau} = E_{2\tau}, \quad D_{2n} - D_{1n} = \rho_S; \quad H_{2\tau} - H_{1\tau} = j_S, \quad B_{1n} = B_{2n},$$

то есть в них должен быть учтен поверхностный ток.

Плотность тока  $\vec{j}$  наравне с другими величинами в каждой точке постоянна. По этой причине стационарное поле называют также полем постоянных токов. В отличие от статических полей подсистемы уравнений электрического и магнитного поля (1) связаны между собой посредством закона Ома в дифференциальной форме  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ .

Приступая к изучению стационарного поля, отметим, что здесь электрическое и магнитное поля уже связаны между собой посредством закона Ома в дифференциальной форме.

Сначала исследуем электрическое поле и произведем сравнение этого поля с электростатическим.

После расчета  $\bar{E}$  и  $\bar{j}$  окажется возможным исследовать и магнитное поле.

Условие существования стационарного поля вытекает из закона сохранения заряда. При условии стационарности  $\left(\frac{\partial}{\partial t} = 0\right)$  получаем:

$$\operatorname{div} \bar{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = \operatorname{div} \bar{j} = 0 \quad (3)$$

Следовательно, в стационарном поле линии тока проводимости должны быть непрерывными.

1. В отличие от электростатического в стационарном поле внутри проводника, по которому течет ток ( $\bar{j} = \sigma \bar{E}$ ), напряженность  $E \neq 0$ .

2. Так как внутри проводника  $E_1 \neq 0$ , то в соответствии с формулой (1) в разных точках проводника потенциал  $\phi_1$  имеет различные значения, т.е. проводник не является эквипотенциальной областью. Отсюда вектор  $E$  в прилежащем к проводнику диэлектрике уже не будет перпендикулярен к поверхности проводника с током.

3. В стационарном поле в области, где действуют сторонние силы ( $E_{\text{ст}} \neq 0$ ), объемный заряд существует и внутри проводника. В самом деле, применим оператор дивергенции к выражению:

$$\operatorname{div} \bar{J} = -\operatorname{div} \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \bar{D}; \operatorname{div} \bar{J} = -\frac{\partial \rho_v}{\partial t}; \text{ получим}$$

$$\operatorname{div} \bar{j} = \operatorname{div} \sigma (\bar{E} + \bar{E}_{\text{ст}}) = \sigma \operatorname{div} (\bar{E} + \bar{E}_{\text{ст}}) + (\bar{E} + \bar{E}_{\text{ст}}) \operatorname{grad} \sigma = \sigma \frac{\rho}{\epsilon_a} + \sigma \frac{\rho}{\epsilon_a} + \sigma \operatorname{div} \bar{E}_{\text{ст}} = 0,$$

поскольку в изотропном проводнике  $\operatorname{grad} \sigma = 0$ , а для стационарного поля  $\operatorname{div} \bar{j} = 0$ .

$$\operatorname{div} \left( \bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} \right) = \operatorname{div} (\bar{J} + \bar{J}_{\text{см}}) = \operatorname{div} \bar{J}_{\text{полн}} = 0$$

Отсюда в проводящей среде

$$\rho = -\epsilon_a \operatorname{div} \bar{E}_{\text{ст}} \neq 0.$$

Перечисленные выше качественные отличия стационарного электрического поля от поля электростатического всегда будут существовать. Однако количественные различия могут быть очень незначительными. Это в особенности относится к полю в диэлектрике, окружающем хорошие проводники.

Область квазистационарных (как бы стационарных) явлений характеризуется тем, что по сравнению с током проводимости ток смещения играет весьма слабую роль во взаимодействии с магнитным полем. В то же время для этих процессов наличие переменного магнитного поля существенно. Стало быть, квазистационарные явления – это такие явления, для которых можно принять

$$\frac{\partial \bar{D}}{\partial t} \approx 0, \text{ но } \frac{\partial \bar{B}}{\partial t} \neq 0.$$

Снятие ограничения  $\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} = 0$  означает, что учитывается явление электромагнитной индукции Фарадея. Пренебрежение током смещения означает, что принимается во внимание магнитное поле, созданное лишь током проводимости. Оба эти момента характерны для полей, сравнительно медленно изменяющихся во времени. Таким образом, квазистационарная теория – это приближенная теория медленно изменяющихся переменных полей.

Система уравнений Максвелла в квазистационарном приближении принимает следующий вид:

– в интегральной форме

$$\left. \begin{aligned} \oint_l \bar{H} d\bar{l} &\approx \bar{i}, & \oint_s \bar{D} d\bar{S} &= q, \\ \oint_l \bar{E} d\bar{l} &= -\frac{d}{dt} \int_s \bar{B} d\bar{S}, & \oint_s \bar{B} d\bar{S} &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\bar{B} = \mu_\alpha \bar{H}, \quad \bar{D} = \varepsilon_\alpha \bar{E}, \quad \bar{j} = \sigma \bar{E}.$$

– в дифференциальной форме

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{rot} \bar{H} &\approx \bar{j}, & \operatorname{div} \bar{D} &= \rho, \\ \operatorname{rot} \bar{E} &= -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}, & \operatorname{div} \bar{B} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$$\bar{B} = \mu_\alpha \bar{H}, \quad \bar{D} = \varepsilon_\alpha \bar{E}, \quad \bar{j} = \sigma \bar{E}.$$

При рассмотрении системы видно, что в области квазистационарных полей электрическое и магнитное поля нельзя рассматривать отдельно. Однако здесь учитывается лишь одна связь, осуществляемая явлением электромагнитной индукции Фарадея. Другая связь через токи смещения в квазистационарных полях весьма слабая и потому не учитывается.

Пренебрежение током смещения означает, что самоподдерживающийся электромагнитный процесс в диэлектрике, т.е. распространение электромагнитных волн, допускаемых формулами  $\operatorname{rot} \bar{H} = \bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} = \bar{J} + \bar{J}_{\text{см}}$  и  $\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$ , становится невозможным. Это положение характерно для электродинамики домаксвеллова периода. Таким образом, можно утверждать, что квазистационарное приближение – это приближенная теория переменных полей, пренебрегающая волновым характером электромагнитных процессов.

Как и в области стационарных явлений, для решения многих задач удобно ввести в рассмотрение потенциалы. Исходя из четвертого уравнения (5), можно принять

$$\bar{B} = \operatorname{rot} \bar{A}. \quad (6)$$

Подстановка (1) в (6) дает

$$\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \operatorname{rot} \bar{A} = -\operatorname{rot} \frac{\partial \bar{A}}{\partial t}; \quad \operatorname{rot} \left( \bar{E} + \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} \right) = 0.$$

Откуда следует, что

$$\bar{E} + \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} = -\operatorname{grad} \varphi,$$

или

$$\bar{E} = -\operatorname{grad} \varphi - \frac{\partial \bar{A}}{\partial t}. \quad (7)$$

Итак, вектор  $\bar{E}$  содержит теперь потенциальную  $\nabla \varphi$  и вихревую  $-\frac{\partial \bar{A}}{\partial t}$  части; последняя учитывает явление электромагнитной индукции. Подставляя (6) в (5), получим, заменив  $\bar{H} = \frac{1}{\mu_\alpha} \bar{B}$ ,

$$\operatorname{rot} \frac{1}{\mu_\alpha} \operatorname{rot} \bar{A} = \bar{j},$$

или

$$\nabla^2 \bar{A} = -\mu_a \bar{j}. \quad (8)$$

Здесь, как и в стационарном поле, принято

$$\operatorname{div} A = 0. \quad (9)$$

Уравнение (3) в (5) с учетом  $D = \epsilon_a E$  преобразуется так:

$$\operatorname{div} \epsilon_a \bar{E} = \operatorname{div} \epsilon_a \left( -\nabla \phi - \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} \right) = -\epsilon_a \nabla^2 \phi - \epsilon_a \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \bar{A} = \rho.$$

Используя (9), получаем уравнение для скалярного потенциала

$$\nabla^2 \phi = -\frac{\rho}{\epsilon_a}. \quad (10)$$

Как видно, уравнения для потенциалов (8) и (10) внешне полностью совпадают с уравнениями для статических полей. Значит, и свойства полей, т. е. их связь с зарядами и токами, а также структура должны быть такими же, как в статике.

Однако имеется и принципиальное отличие квазистационарных уравнений (8) и (10) от уравнений статических. Электрические величины в (8) и (10) зависят от времени, при этом дифференцирование по времени здесь не производится. Это означает, что с математической точки зрения время входит в (8) и (10) как параметр. Поэтому в каждый фиксированный момент квазистационарное поле точно совпадает со статическим, соответствующим значениям  $j$  и  $\rho$  в этот же момент. Изменение  $j$  и  $\rho$  с течением времени приводит к тому, что статические поля сменяют друг друга сразу по всему пространству в такт с  $j$  и  $\rho$ . Это обстоятельство и оправдывает название группы явлений – квазистационарные. Допущение об одновременности изменения поля в точке наблюдения с изменением источников равноценно допущению о бесконечной скорости распространения возбуждений, что характерно для теории дальнего действия.

Указанные особенности поля особенно отчетливо видны из решений уравнений (8) и (10). Рассмотрим, например, потенциал  $d\phi$  в точке  $M$ , создаваемый переменным зарядом  $\rho dV$ , расположенным в точке  $M'$ . Поскольку решение уравнения Пуассона известно, можно сразу записать:

$$d\phi(M,t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_a} \frac{\rho(M',t)}{r} dV. \quad (11)$$

Левая и правая части уравнения являются функциями различных точек  $M$  и  $M'$ , находящихся на расстоянии  $r$ . Вместе с тем они относятся к одному и тому же моменту времени  $t$ . Таким образом, из выражения (11) следует, что любое изменение  $\rho$  в  $M'$  сразу изменяет  $d\phi$  в  $M$ , как бы ни было велико расстояние  $r$ . Значит, здесь в самом деле используются представления теории дальнего действия. Однако в действительности, как известно из общей теории, электромагнитные воздействия распространяются с запаздыванием и  $t_{\text{зап}} = \frac{r}{v}$ .

Квазистационарное рассмотрение, таким образом, связано с пренебрежением временем запаздывания.

Ниже будет показано, что это допустимо во всей области пространства вокруг источника, линейные размеры  $r$  которой малы по сравнению с длиной волны  $\lambda$  излучаемых колебаний, т.е. условия квазистационарности выполняются, если  $r \ll \lambda$ .

Расчет стационарного поля вектора  $\bar{H}$  производится точно так же, как и электрического, поскольку исходные уравнения совпадают. Значение  $\bar{E}$  позволяет определить  $\bar{j}$  по формуле (5). Поэтому в дальнейшем  $\bar{j}$  можно считать известным.

В отличие от электрического поля магнитное поле постоянного тока в точках, где  $\bar{j} \neq 0$ , является вихревым. Поэтому для решения второй подсистемы (5) скалярный по-



тенциал ввести уже нельзя. Однако можно воспользоваться тем, что  $\text{div } \bar{D} = 0$  во всех точках, а поскольку  $\text{div rot } \bar{A} = 0$ , целесообразно ввести векторный потенциал  $\bar{A}$ , полагая

$$\bar{B} = \text{rot } \bar{A}, \quad \bar{H} = \frac{1}{\mu_a} \text{rot } \bar{A}. \quad (12)$$

Поскольку  $\text{rot } \bar{H} = \bar{j}$ , получаем для векторного потенциала уравнение:

$$\frac{1}{\mu_a} \text{rot rot } \bar{A} = \bar{j}. \quad (13)$$

Воспользовавшись тождеством  $\text{rot rot } \bar{A} = \text{grad div } \bar{A} - \nabla^2 \bar{A}$ , получим

$$\text{grad div } \bar{A} - \nabla^2 \bar{A} = \mu_a \bar{j}. \quad (14)$$

Уравнение (14) можно упростить, если учесть, что поле вектора  $\bar{A}$  определено не полностью, соотношение (12) определяет лишь распределение вихрей  $\bar{A}$  и не налагает никаких требований на источники  $\bar{A}$ . Для полного же определения векторного поля необходимо знать как его ротор, так и дивергенцию. Это позволяет потребовать, чтобы

$$\text{div } \bar{A} = 0.$$

Тогда уравнение (14) упрощается и принимает вид:

$$\nabla^2 \bar{A} = - \mu_a \bar{j}. \quad (15)$$

Это уже известное уравнение Пуассона, но в векторной форме. Его решение:

$$\bar{A} = \frac{\mu_a}{4\pi} \int_V \frac{\bar{j}}{r} dV. \quad (16)$$

где  $r$  – расстояние от элемента  $dV$  с распределенным по нему током  $\bar{j}$  до точки наблюдения, в которой вычисляется потенциал.

Соотношение (16) верно уже для любой системы координат и позволяет находить векторный потенциал при произвольном распределении тока. Поскольку задача расчета  $\bar{A}$  сведена к интегрированию, ее можно считать решенной окончательно, так как в принципе интегрирование всегда выполнимо (хотя часто является операцией весьма сложной). После вычисления  $\bar{A}$  расчет  $\bar{B}$  сводится к вычислению  $\text{rot } \bar{A}$ , т.е. к всегда выполняемому дифференцированию.

Для вычисления энергии магнитного поля, сосредоточенной в пределах объема  $V$  (рис. 2), можно воспользоваться соотношением:

$$W_M = \int_V \frac{\mu_a H^2}{2} dV = \frac{1}{2} \int_V \bar{H} \bar{B} dV. \quad (17)$$

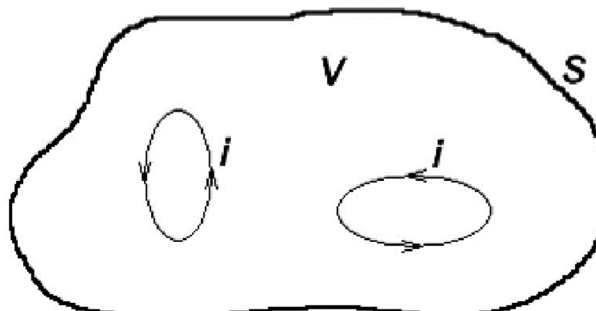


Рисунок 2 – Энергия магнитного поля постоянного тока

Для подсчета полной энергии магнитного поля эта формула неудобна, так как для ее применения необходимо знать  $\vec{H}$  в каждой точке окружающего токи пространства. Формулу (17) можно преобразовать таким образом, чтобы энергия магнитного поля была выражена через токи, заключенные внутри поверхности  $S$ , ограничивающей объем  $V$ . Для этого заменим  $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$ . Используя тождество  $\text{div}(\vec{a} \times \vec{b}) = \vec{b} \text{ rot } \vec{a} - \vec{a} \text{ rot } \vec{b}$  и соотношение  $\text{rot} \vec{H} = \vec{j}$ , получим

$$W_M = \frac{1}{2} \int_V \text{div}[\vec{A}, \vec{H}] dV + \frac{1}{2} \int_V \vec{A} \vec{j} dV.$$

Применяя теорему Остроградского-Гаусса, найдем

$$W_M = \frac{1}{2} \int_V \vec{A} \vec{j} dV + \frac{1}{2} \oint_S [\vec{A}, \vec{H}] dS. \quad (18)$$

Выбирая в качестве поверхности  $S$  сферу радиуса  $r$  и устремив  $r$  к бесконечности, вычислим полную энергию магнитного поля, создаваемого данными токами.

При удалении точек поверхности на бесконечность каждый замкнутый проводник будет представлять собой магнитный диполь, векторный потенциал которого будет изменяться как  $\frac{1}{r^2}$ , а создаваемая в точках поверхности напряженность  $\vec{H}$  как  $\frac{1}{r^3}$ . При этом поверхность  $S$  возрастает пропорционально  $r^2$ . Следовательно, поверхностный интеграл в выражении (18) будет иметь порядок  $\frac{1}{r^3}$ , стремясь к нулю при  $r \rightarrow \infty$ . В результате получим

$$W_M = \frac{1}{2} \int_V \vec{A} \vec{j} dV. \quad (19)$$

Если проводник линейный, то

$$W_M = \frac{1}{2} \int_V \vec{A} \vec{j} dV = \oint_{1S} \frac{\vec{A} d\vec{l}}{2} j_n dS = \frac{1}{2} \oint_{1S} \vec{A} d\vec{l} \int_S j_n dS = \frac{1}{2} \oint_{1S} \vec{A} d\vec{l},$$

так как в пределах интегрирования по поперечному сечению потенциал  $\vec{A}$  можно считать постоянным. Применив к криволинейному интегралу теорему Стокса и учтя соотношение (12), получаем

$$\oint_{1S} \vec{A} d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{A} d\vec{S} = \int_S \vec{B} d\vec{S} = \Phi, \quad (20)$$

где  $\Phi$  – магнитный поток, пронизывающий любую поверхность, опирающуюся на контур проводника.

#### Список литературы:

1. Панков В.П., Жидков В.Е. Материаловедение и технологические процессы в сервисе. – Ставрополь : ООО «Мысль», 2012. – 337 с.
2. Панков В.П. Исследование характеристик износостойкости покрытий и наплавленных материалов для восстановления изделий из чугуна // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 9 (153). – С. 387–392.
3. Панков В.П., Шаталов А.И., Жидков В.Е. Плазменные комбинированные покрытия поршневых колец – инструмент повышения ресурса автотракторных // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 32–36.
4. Панков В.П., Баженов А.В., Соловьев В.А. Анализ микроволнового излучения печей СВЧ с разработкой технологических мероприятий по его снижению // НаукаПарк. – 2014. – № 2-2 (22). – С. 47–51.

5. Диагностика микроволновых печей / В.П. Панков [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 2 (32). – С. 62–67.
6. Оценка потенциальной точности алгоритма ориентации инерциальной навигационной системы / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 86–89.
7. Алгоритм определения ошибок ориентации подвижных ортогональных систем координат / И.П. Шепеть [и др.] // НаукаПарк. – 2015. – № 4 (34). – С. 89–93.
8. Степанов В.В., Степанова М.В., Коссой В.А. Статистическое оценивание и анализ результатов эксперимента // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 274–278.
9. Исследование закономерностей формирования диффузионных покрытий на современных жаропрочных никелевых сплавах / В.П. Панков [и др.] // Ползуновский вестник. – 2020. – № 1. – С. 124–129.
10. Использование логических операций при моделировании в системе автоматизированного проектирования / Д.Г. Борзов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2019. – С. 135–140.
11. Степанов В.В., Степанова М.В., Савицкий Ю.А. Планирование эксперимента при поиске эффективных условий протекания технологического процесса // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 279–283.
12. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.

УДК 614.8:524.05

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗМОЖНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗРУШЕНИЙ  
(АВАРИЙ) АЭС И ОЦЕНКА ИХ ВЛИЯНИЯ  
НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ**



**CHARACTERISTICS OF POSSIBLE CONSEQUENCES OF  
NPP ACCIDENTS DESTRUCTION AND ASSESSMENT OF  
THEIR IMPACT ON BIOLOGICALLY ACTIVE FACILITIES**

**Абакшин К.С.**

Краснодарское высшее  
военное авиационное училище лётчиков  
konivanow@yandex.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы последствия аварий на атомных электростанциях и дана оценка влияния радиации на биологические объекты.

**Ключевые слова:** атомная электростанция, радиация.

**Abakshin K.S.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
konivanow@yandex.ru

**Annotation.** The article analyzes the consequences of accidents at nuclear power plants and estimates the effects of radiation on biologically facilities.

**Keywords:** radiation, chemical nuclear power plant.

**В** широком плане к потенциально опасным объектам с ядерными компонентами относят: атомные электростанции (АЭС), предприятия ядерного топливного цикла, ядерные боеприпасы, склады их хранения и заводы по изготовлению ядерных боеприпасов. С учетом возможных масштабов и последствий разрушений (аварий) основными из них являются АЭС.

Основу АЭС составляют ядерные реакторы. Ядерные реакторы – это устройства, в которых протекает управляемая цепная реакция деления ядер тяжелых элементов (урана, плутония). В Российской Федерации работают мощные АЭС с ядерными энергетическими реакторами (ЯЭР) на тепловых нейтронах двух основных типов:

- РБМК – реактор большой мощности канальный (на них вырабатывается 2/3 всей энергии АЭС);
- ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор.

Принцип действия этих реакторов заключается в создании условий для протекания управляемой цепной реакции деления ядер обогащенного природного урана с использованием тепловых нейтронов. Выделяющаяся при этом тепловая энергия обеспечивает нагрев воды (теплоносителя), образование пара, который подается на турбины турбогенераторов для преобразования тепловой энергии в электрическую [6].

Ядерный реактор является не только источником тепловой и электрической энергии, но и мощным генератором искусственных радиоактивных изотопов. Наиболее опасными из них являются следующие изотопы:

- Sr-89, Sr-90, которые, оседая в костном мозгу, вызывают лейкемию;
- I-131, I-133 облучают щитовидную железу, которая вырабатывает гормоны, регулирующие жизненно важные функции организма;
- Cs-134, Cs-137 облучают почки и кости.

Эти изотопы опасны и тем, что они относятся к долгоживущим ( $T_{0.5} > 24$  ч), а это обуславливает их длительное радиационное воздействие на человеческий организм.

В процессе работы в реакторе накапливается Pu-239 (сотни килограмм), который весьма ядовит и к тому же является альфа активным веществом, требующим особого учета при оценке степени опасности радиоактивного загрязнения местности [8].

Характер разрушений (аварий) ядерного реактора трудно предсказуем. Наиболее опасным является случай, когда разрушение (авария) приводит к разгону реактора и, как следствие, к тепловому взрыву в его активной зоне. Возникающее при этом радиоактивное облако поднимается на высоту 1500–2000 м.

Практический интерес представляют наиболее часто встречающиеся виды ионизирующих излучений, как потоки  $\alpha$  и  $\beta$  частиц,  $\gamma$  и рентгеновские лучи и потоки нейтронов.

Рентгеновские лучи – электромагнитное излучение с длиной волны от десяти-миллионной до одной стотриллионной доли метра. Испускается при торможении быстрых электронов в веществе и при переходах электронов с внешних электронных оболочек атома на внутренние. По интенсивности ионизации окружающей среды несколько уступают  $\gamma$  лучам.

Нейтроны – нейтральные элементарные частицы с массой, превышающей массу протона приблизительно на 2,5 электронных массы. В свободном состоянии нестабильны; время жизни около 16 минут. Вместе с протонами образуют ядра; в ядрах нейтроны устойчивы.

Уровнем радиации называют мощность экспозиционной дозы на высоте 0,7–1 м над зараженной поверхностью.

Поражающее действие любого ионизирующего излучения оценивают поглощенной дозой.

За единицу измерения поглощенной дозы в СИ принят грей (Гр.). 1 Гр. – доза излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения, равная 1 Дж; на практике часто применяют несистемную единицу – рад: 1 Гр = 1 Дж / кг = 100 рад; 1 рад = 0,01 Гр., приблизительно можно считать, что для тканей живого организма (человека или животного) 1 рад = 1 Р [1].

Количество радиоактивных веществ, по тем или иным причинам оказавшиеся на местности в пределах рассматриваемой площади ил попавших внутрь организма, принято оценивать по их активности.

Активность определяется числом распадов, происходящих в данном количестве вещества за единицу времени. Каждому радиоактивному изотопу присуща своя активность, которую можно характеризовать либо постоянной радиоактивного распада (лямбда), либо периодом полураспада  $t$ . Эти две величины связаны между собой обратно пропорциональной зависимостью. Очевидно, чем больше период полураспада, тем менее активен данный радионуклид и наоборот.

Период полураспада радиоактивного изотопа – промежуток времени, за который число радиоактивных атомов данного изотопа уменьшается вдвое.

Наиболее опасны те радиоактивные вещества, период полураспада которых близок к продолжительности жизни человека.

В СИ активность измеряется в беккерелях (Бк). 1Бк равен одному распаду ядра в секунду. Часто пользуются несистемной единицей кюри (Ки). 1 Ки = 37 млрд Бк.

В случае радиационной аварии рассматривают 5 зон, имеющих различную степень опасности для здоровья людей и характеризующих той или иной возможной дозой облучения.

**Зона экстренных мер защиты населения** – территория, в пределах которой доза внешнего  $\gamma$  облучения населения за пределами формирования радиоактивного следа выброса при аварии на АЭС может превысить 75 рад, а доза внутреннего облучения щитовидной железы за счет поступления в организм человека радиоактивного йода – 250 рад.

**Зона профилактических мероприятий** – территория, в пределах которой доза внешнего  $\gamma$  облучения населения за время формирования радиоактивного следа выброса при аварии на АЭС может превысить 25 рад (но не более 75), а зона внутреннего облучения щитовидной железы радиоактивным йодом может превысить 30 рад (но не более 250).

**Зона ограничений** – территория, в пределах которой доза внешнего  $\gamma$  облучения населения за время формирования радиоактивного следа выброса при аварии АЭС может превысить 10 рад (но не более 25), а доза внутреннего облучения щитовидной железы радиоактивным йодом не превышает 30 рад.

**Зона возможного опасного радиоактивного загрязнения** – территория, в пределах которой прогнозируются дозовые нагрузки, превышающие 10 бэр в год.

**Зона радиационной аварии** – территория на которой могут быть превышены пределы дозы и пределы годового поступления [7].

### **Биологическое воздействие ионизирующего излучения на живой организм**

Для того, чтобы осознавать последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их влияние на биологические объекты, необходимо иметь представление о том, как ионизирующее излучение оказывает влияние на живой организм. Все мы знаем о его безусловном вреде и губительных последствиях. Но какие процессы происходят в организме при его облучении различными видами радиационного излучения, что ведет к необратимым изменениям, а в некоторых случаях и к гибели организма?

Биологическое воздействие ионизирующего излучения условно можно разделить:

- на первичные физико-химические процессы, возникающие в молекулах живых клеток и окружающего их субстрата;

- нарушения функций целого организма как следствие первичных процессов [1].

В результате облучения живой ткани, как и в любой среде, поглощается энергия и возникают возбуждение и ионизация атомов облучаемого вещества. У человека и млекопитающих основную часть массы тела составляет вода (около 75 %), поэтому первичные процессы во многом определяются поглощением излучения водой клеток, ионизацией молекул воды с образованием высокоактивных в химическом отношении радикалов типа «ОН» или «Н» и последующими цепными каталитическими реакциями (в основном окислением этими радикалами молекул белка), что нарушает обмен веществ и способствует образованию вредных токсических продуктов. Это так называемое косвенное (не прямое) действие излучения через продукты радиолиза воды. Прямое действие ионизирующего излучения может вызвать расщепление молекул белка, разрыв наименее прочных связей, отрыв радикалов и другие денатурационные изменения (без разрыва химических связей). В дальнейшем под действием первичных процессов в клетках возникают функциональные изменения, подчиняющиеся уже биологическим законам жизни клеток [2].

Радиационное воздействие на человека заключается в ионизации тканей его тела и возникновении лучевой болезни. Степень поражения зависит от дозы излучения, времени, в течение которого эта доза получена, площади облучения тела, общего состояния организма. Прежде всего поражаются кроветворные органы, в результате чего наступает кислородный голод тканей, резко снижается иммунная защищенность организма, ухудшается свертываемость крови [4].

Наиболее важные изменения в клетках:

- повреждение механизма митоза (деления) и хромосомного аппарата (структуры ядра) облученной клетки;

- блокирование процессов обновления и дифференцирования клеток;

- блокирование процессов пролиферации (разрастания) и последующей физиологической регенерации тканей.

У живых существ самыми радиочувствительными являются клетки постоянно обновляющихся (дифференцирующихся) тканей и органов. Поэтому-то раньше всего изменения происходят в нервной системе, костном мозге, гонадах (половых железах), селезенке, лимфе и крови (снижается ее свертываемость, повышается кровоточивость стенок кровеносных сосудов). А изменения на клеточном уровне и гибель клеток приводят к таким нарушениям функций деятельности отдельных органов и межорганных взаимосвязанных процессов, которые вызывают различные последствия для организма (в том числе и потерю иммунитета – устойчивости к инфекциям) или даже его гибель.

### **Влияние последствий аварии Чернобыльской АЭС**

#### **на биологические объекты**

Самый большой выброс радиоактивных веществ произошёл при аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года. К 6 мая 1986 г. Он составил 63 кг, что соответствует 3,5 % от общего количества радионуклидов в реакторе на момент аварии. (Нуклиды – любые атомы, отличающиеся составами ядер, т.е. либо разным числом нуклонов, либо одинаковым числом нуклонов различными соотношениями между числом протонов и нейтронов; нуклоны – общее название протонов и нейтронов). При взрыве атомной бомбы мощностью 20 кт, сброшенной на Хиросиму, образовалось 740 г радио-

активных отходов; что привело к образованию общей массы радиоактивных веществ 4,5 т, следовательно, выброс радиоактивных веществ при аварии оказался эквивалентным действию примерно 85 атомных бомб мощностью по 20 кт [11].

Во время плановых исследований реактор четвертого энергоблока, загруженный 180 т радиоактивного топлива, потерял управление, что привело к взрыву и выбросу в атмосферу около 120 т топлива. Помимо топлива взрывом было выброшено около 700 т радиоактивного реакторного графита. Примерно 50 т ядерного топлива и 800 т графита остались в разрушенном реакторе [10].

Пришлось проводить дезактивацию более 600 населенных пунктов, снимать на значительной территории (с последующим захоронением) загрязненный грунт, производить засыпку опасных участков щебнем.

После стабилизации радиационной обстановки в районе Чернобыльской аварии в период ликвидации ее долговременных последствий были установлены зоны:

- отчуждения, с загрязнением по  $\gamma$  излучению свыше 20 мрад/ч, по цезию – свыше 40 Ки/км. кв., по стронцию – свыше 10 Ки/км. кв.
- временного отселения, с загрязнением по  $\gamma$  излучению от 5 до 20 мрад/ч, по цезию – от 15 до 40 Ки/км. кв., по стронцию – от 3 до 10 Ки/км. кв.
- жесткого контроля, с загрязнением по  $\gamma$  излучению от 3 до 5 мрад/ч, по цезию – до 15 Ки/км. кв., по стронци. – до 3 Ки/км. кв.

Выброшенное из реактора топливо в виде мелкодисперсных частиц вызвало загрязнение многих регионов. При этом наиболее сильно пострадали районы Гомельской, Могилевской, Брянской, Киевской и Житомирской областей. По выводам ученых последствия катастрофы в геномном аппарате человека исчезнут не ранее, чем через 40 поколений, т.е. через 1000 лет.

Во время и вскоре после аварии от радиационного заражения погибли 29 человек, у 208 диагностирована лучевая болезнь, из зон, ближайших к АЭС, было эвакуировано 115 тысяч человек, йодной профилактикой охвачено 5,4 миллиона человек, около 650 тысяч человек, принимавших участие в ликвидации последствий аварии (так называемых ликвидаторов), получили ту или иную дозу облучения, на больших площадях оказалась зараженной сельскохозяйственная продукция.

Многие животные и растения содержат в себе так много радиации, что и спустя 30 лет после катастрофы в Чернобыле до сих пор опасны для человека.

После взрыва реактора ядерный пожар, горевший более 10 дней, стали причиной выброса огромного количества радиоактивного излучения в атмосферу и загрязнили огромные территории Европы и Евразии. Международное агентство по атомной энергии предполагает, что Чернобыль выбросил в атмосферу в 400 раз больше радиоактивного излучения, чем бомба сброшенная на Хиросиму.

Радиоактивный цезий из Чернобыля до сих пор можно обнаружить в некоторых продуктах питания. А в некоторых районах центральной, восточной и северной Европы многие животные, растения и грибы до сих пор содержат столько радиоактивного излучения, что потребление их человеком небезопасно.

Учитывая решающие доказательства генетических повреждений и вреда для здоровья отдельных лиц, неудивительно, что популяции многих организмов в сильно загрязненных районах значительно сократились. В Чернобыле все основные группы животных, которые подлежали исследованию, в более радиоактивных районах встречались в гораздо меньших количествах. Это распространяется на птиц, пчел, стрекоз, бабочек и пауков, а также крупных и мелких млекопитающих [12].

Не все виды демонстрируют один и тот же сценарий сокращения. Многие виды, в том числе волки, не демонстрируют никакого воздействия радиации на плотность своей популяции. Несколько видов птиц, по видимому, более многочисленны в более зараженных районах. В обоих случаях более высокая численность может являться отражением того, что у этих видов в зонах высокой радиоактивности меньше конкурентов или на них охотится меньше хищников [13].

Недавно этой же группой ученых были испытаны Чернобыльские исследования на правильность, повторив их в Фукусиме. Отключение электроэнергии расплавление активной зоны в трех атомных реакторах Фукусимы привели к выбросу радиоактивных веществ, количество которых было в десять раз меньше, чем во время Чернобыльской катастрофы [14].

В целом были обнаружены сходные сценарии снижения количества и разнообразия птиц, хотя некоторые виды более чувствительны к радиации, чем другие. Было обнаружено резкое сокращение количества некоторых насекомых, к примеру, бабочек, что может отражать накопление вредоносных мутаций в течении нескольких поколений [18].

Обнаруженные параллели между Чернобылем и Фукусимой представляют веские доказательства того, что радиация является исходной причиной эффектов, которые наблюдались в обоих местах [17].

К сожалению, сегодня в мире обозначилась негативная тенденция. Некоторые члены сообщества регулирования радиации не сразу признали то, как ядерные аварии несли вред дикой природе. К примеру, спонсируемый ООН Чернобыльский форум поддерживал идею о том, что авария оказала положительное воздействие на живые организмы в зоне отчуждения ввиду отсутствия человеческой деятельности. Более новый отчет Научного комитета ООН по воздействию атомной радиации прогнозирует минимальные последствия для животного и растительного мира региона Фукусима [15].

К несчастью, эти официальные оценки в значительной мере основывались на прогнозах согласно теоретическим моделям, а не на непосредственных эмпирических наблюдениях за живущими в этих регионах растениями и животными [16].

Благодаря научным исследованиям ныне известно, что животные живущие в полном диапазоне стрессов в природе, гораздо более чувствительны к воздействию радиации, чем считалось ранее. Хотя полевым исследованиям иногда не хватает управляемой среды, необходимой для проведения точных научных опытов, они компенсируют это более реалистичным описанием природных процессов.

Проведенная учеными работа по документированию воздействия радиации в «естественных» условиях при помощи диких организмов обеспечила множество открытий, которые помогут подготовиться к следующей ядерной аварии или к ядерному теракту.

Эта информация совершенно необходима, если человечеству предстоит защищать окружающую среду не только для человека, но и для живых организмов и работы экосистем, которые поддерживают всю жизнь на планете.

В настоящее время в мире работает около 400 ядерных реакторов, 65 новых строятся, а еще 165 заказаны. Все действующие атомные электростанции генерируют значительное количество ядерных отходов, которые нужно будет хранить еще тысячи лет. С учетом этого и вероятности аварий и ядерного терроризма в будущем важно, чтобы ученые узнали, как можно больше о воздействии этих веществ в окружающей среде, как с целью ликвидации последствий будущих инцидентов, так и с целью, подкрепленной фактами оценки рисков и разработки энергетической политики [3].

### Список литературы:

1. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Учебник для ВУЗов. – Издательство «Феникс», 2004.
2. Ястребов Г.С. Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф. Издание восьмое. – ООО «Феникс», 2013. – С. 14–29.
3. Азаров А.Н., Кудряшов А.С., Шишленин Д.А. Экология. Учебное пособие. – Филиал ВУНЦ ВВС. – Армавир, 2011. – С. 381–387.
4. Авария на Чернобыльской АЭС и её последствия // Информация, подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ (25–29 августа 1986 г., Вена). – М. : ГКАЭ СССР, 1986.
5. Чернобыльская катастрофа. – Киев : Наукова думка, 1995.
6. Топливо реактора 4-го блока ЧАЭС : краткий справочник / С.Н. Бегичев [и др.] // Препринт ИАЭ-5268/3. – М. : ИАЭ им. И.В.Курчатова, 1990.
7. Шульженко В.Ф. Военная Экология. Военная Академия им. Дзержинского. – М. : ИздАТ, 1996. – С. 151–153.
8. Боровой А.А., Гагаринский А.Ю. Выброс радионуклидов из разрушенного блока Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. – 2001. – Т. 90. – Вып. 2. – С. 137–145.
9. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред / Под ред. Ю.А. Израэль [и др.]. – М. : Гидрометеиздат, 1990. – 290 с.
10. Чернобыль 10 лет спустя. – М. : Изд-во ЦИСН, 1996. – 128 с.



11. Тихонов М.Н., Цыган В.Н. Катастрофические последствия Чернобыльской аварии // Экологическая экспертиза. – 2011 – № 5. – С. 22–32.
12. Гуськова А.К. Авария на ЧАЭС и её медицинские последствия // Энергия: экономика, техника, экология. – 2000. – № 4. – С. 18–21.
13. Иванов Е.В., Шубик В.М. Медицинские последствия Чернобыльской аварии // Факты и размышления 15 лет спустя. – СПб. : НИИ РГ МЗ РФ, 2001. – № 5.
14. Рябчук Е.Ф. Японская катастрофа // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 12. – С. 64–66.
15. Цирулев Р.М. Япония. Вся правда. Первая полная антология катастрофы. – М. : Эксмо, 2011.
16. Корниенко А.Г. Обзор аварии на АЭС Фукусима-1 в Японии // Электрические станции. – 2012. – № 1. – С. 2–15; № 2. – С. 13–28; № 3. – С. 2–8; № 4. – С. 2–8.
17. Рылов М.И., Тихонов М.Н. Уроки Чернобыля и Фукусимы: культура и концепция безопасности на объектах использования атомной энергии // Жизнь, безопасность, экология. – 2013. – № 1–3. – С. 186–195.
18. Тимоти А. Муссо. Влияние радиации на дикую природу спустя 30 лет после Чернобыля. – 2016.

**К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ БАЗЫ ДАННЫХ  
ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА**



**ON THE ISSUE OF DEVELOPING THE DATABASE STRUCTURE OF  
THE INFORMATION PORTAL**

**Даутова И.С.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
atros.v@yandex.ru

**Аннотация.** В статье предлагается технология проектирования структуры базы данных информационного портала.

**Ключевые слова:** модель данных, в логический дизайн, логический дизайн данных, сервер, система управления контентом, интерфейс, атрибут, домен сайта.

**Dautova I.S.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban state technological university  
atros.v@yandex.ru

**Annotation.** The article discusses the features of the multimedia portals using in distance learning technologies.

**Keywords:** infocommunication, multimedia and network technologies, intensification, distance education, didactic theory.

**В** базе данных отражается информация об определенной предметной области. При проектировании автоматизированных информационных систем предметная область отображается моделями данных нескольких уровней абстракции [1]. Различают следующие модели отображения предметной области: инфологическая, даталогическая, физическая, внешняя. Для создания каждой из этих моделей отводится соответствующий этап проектирования базы данных.

На этапе инфологического проектирования строится инфологическая модель предметной области.

Инфологической моделью предметной области (ИЛМ) называется описание предметной области, выполненное с использованием специальных языковых средств, без ориентации на используемые в дальнейшем программные и технические средства [2]. Данная модель содержит исходную информацию о предметной области, необходимую для проектирования структуры базы данных. Эта информация мало зависит от особенностей СУБД. Описание ИЛМ в терминах соответствующих языковых средств называется концептуальной схемой данных.

На этапе даталогического проектирования строится даталогическая модель, которая представляет собой отображение логических связей между элементами данных безотносительно к их содержанию и среде хранения. Эта модель строится в терминах информационных единиц, допустимых в СУБД, в среде которой проектируется база данных. Описание логической структуры данных на языке СУБД называется внутренней схемой данных.

На этапе физического проектирования строится физическая модель, которая определяет используемые запоминающие устройства и способы физической организации данных на них. Эта модель служит для привязки даталогической модели к среде хранения (к конкретным носителям информации) и обычно строится с учетом возможностей, предоставляемых СУБД. Описание структуры организации данных на физических носителях информации называется схемой хранения данных (физической схемой данных).

К числу работ, выполняемых на этапе физического проектирования, относятся: выбор типа носителя информации и способа организации данных на нем, выбор метода доступа к данным на запоминающем устройстве, определение размера физического блока, управление размещением данных на носителе, управление свободной памятью, определение целесообразности сжатия данных и выбор методов сжатия и др.

Использование аппарата подсхем облегчает работу пользователя, так как он должен знать структуру не всей базы данных, а только той ее части, к которой он имеет непосредственное отношение в своей практической деятельности. Эта структура при-

способна к потребностям конкретного пользователя. Пользователь имеет доступ только к тем данным, которые отражены в соответствующей подсхеме, что является одним из способов защиты информации от несанкционированного доступа [3].

В данной статье предлагается использовать систему управления содержимым CMSMODx для работы с базой данных и программу для управления сервером phpMyAdmin, которая поддерживает широкий набор операций над MySQL. Наиболее часто используемые операции поддерживаются с помощью пользовательского интерфейса (управление базами данных, таблицами, полями, связями, индексами, пользователями, правами, и т.д.), одновременно можно напрямую выполнить любой SQL запрос. На рисунке 1 изображена главная страница phpMyAdmin.

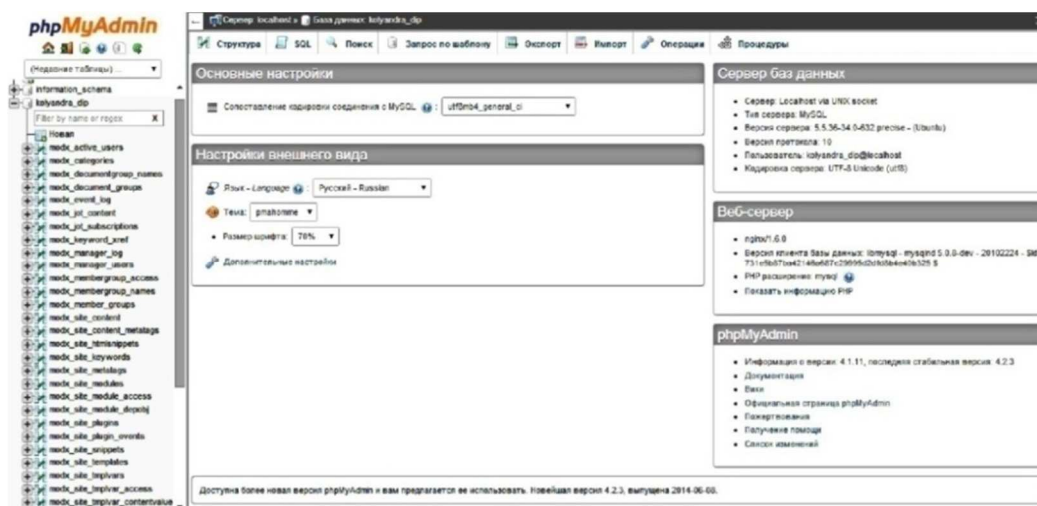


Рисунок 1 – Главная страница phpMyAdmin

Созданная база данных содержит множество таблиц. Весь сайт можно представить в виде одной большой базы данных. Каждый раздел сайта – это своего рода таблица. Контент разработанного сайта представлен на рисунке 2.

Представленная на рисунке 2 таблица «modx\_site\_content» содержит множество атрибутов: id; type; contentType; pagetitle; longtitle; description; alias; link\_attributes; published; pub\_date; unpub\_date и др.

Данных атрибутов большое количество и каждый отвечает за определенное действие, совершенное с контентом сайта. Например, pagetitle отвечает за название созданного html шаблона, alias – за псевдоним, который будет приписываться к основному домену сайта (http://seti-evm.ru/voprosiofo.html, где voprosi-fo – это атрибут alias) и т.д.

id	type	contentType	pagetitle	longtitle	description	alias	link_attributes	published	pub_date
1	document	text/html	Главная страница	Главная страница	Главная страница	minimal-base		1	0
114	reference	application/vnd.ms-word	Вопросы к экзамену	Вопросы к экзамену		voprosy-k-ekzameni-zfo		1	0
103	reference	text/html	Проверка знаний	Проверка знаний	Проверка знаний	proverka-znaniy		1	0
104	document	text/html	Список тестов	Список тестов	Список тестов	spsok-testov		1	0
105	document	text/html	Тест №1	Тест №1	Тест №1	test1		1	0
106	document	text/html	Результат тестирования	Результат тестирования	Результат тестирования	rezultat-testirovaniya		1	0
107	document	text/html	Лекции по сетевым технологиям	Лекции по сетевым технологиям	Лекции по сетевым технологиям	lekcii-po-set-teh-zfo		1	0
108	document	text/html	Лекция №1	Лекция №1	Лекция №1	lekcija-n1-zfo		1	0
2	reference	text/html	О сайте	Информация о сайте	Информация о сайте	about_company		1	0
3	document	text/html	Новости	Новости	новости	news		1	0
4	document	text/html	История	история	история	history		1	0

Рисунок 2 – Информационная структура сайта

Все таблицы в базе данных, работающие с сайтом, созданы системой управления сайтом MODx и заполняются автоматически при внесении изменений.

Чтобы составить информационно-логическую модель рассмотрим таблицы, созданные вручную для организации тестирования на сайте. На рисунке 3 показаны таблицы только для одного теста.

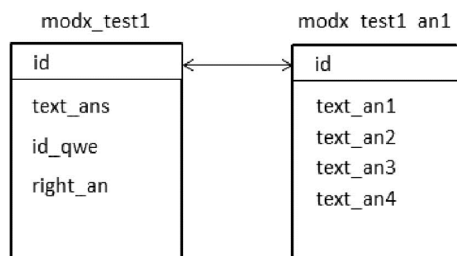


Рисунок 3 – Инфологическая модель части БД

На этапе даталогического проектирования были определены сущности и таблицы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные таблицы базы данных

Сущность / Таблица	Краткое описание
modx_active_users	Содержит информацию об активных пользователях
modx_categories	Хранит категории
modx_test1	Хранит вопросы для первого теста и правильные ответы
modx_test1_an1	Хранит варианты ответов для первого теста

Подробное описание сущностей и справочников:

- сущность modx\_active\_users – это таблица, в которой содержится информацию об активных пользователях системой управления сайта (например, администратор);
- сущность modx\_categories хранит категории, на которые разбиваются элементы (например, категория «слайдер», в ней находятся все элементы, которые работают со слайдером);
- сущность modx\_test1 хранит вопросы для первого теста и правильные ответы;
- сущность modx\_test1\_an1 хранит текстовые вопросы для первого теста и правильные ответы.

#### Список литературы:

1. Семенюта И.С. Методика анализа информационной структуры базы данных автоматизированной системы составления расписаний // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2011. – № 09 (73). – URL : <http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/06.pdf>
2. Безнос О.С. Системный анализ и синтез информационной модели организации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2007. – № 3 (51). – С. 140–144.
3. Безнос О.С. Разработка методического аппарата для создания медицинской информационной системы лечебного учреждения : дис. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2008.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Автоматизация функционального тестирования веб-приложений // В журнале «Современные наукоемкие технологии». – 2016. – № 5-1. – С. 58–61.
5. Кандуко М.Х., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Разработка высокопроизводительных веб-приложений // В сборнике: V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. – Краснодар, 2015. – С. 148–152.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Проектирование интерактивных WEB-приложений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – 43 с.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Достижение максимальной производительности ajax-приложений // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2013. – № 4. – 121 с.

УДК 621.9.025.77

**ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ АЛМАЗНО-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ  
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**



**INFLUENCE OF PROPERTIES OF DIAMOND-METAL COMPOSITES  
ON THE WORKING CAPACITY OF ABRASIVE TOOLS**

**Арефьева С.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
adm@kgtu.kuban.ru

**Арустамова И.С.**

кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник  
Краснодарское высшее  
военное авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы влияния свойств алмазно-металлических композитов на эксплуатационный ресурс и производительность инструмента, используемого при обработке деталей авиационной промышленности.

**Ключевые слова:** абразивный инструмент, эксплуатационный ресурс, износ, алмазные зерна, металлическая связка.

**Arefeva S.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
adm@kgtu.kuban.ru

**Arustamova I.S.**

PhD in Chemical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The issues of the influence of the properties of diamond-metal composites on the service life and productivity of the tool used in the processing of parts of the aviation industry are considered.

**Keywords:** abrasive tool, service life, wear, diamond grains, metal binder.

Проблема повышения долговечности и надежности машин, приборов и оборудования, прогнозирование параметров, определяющих изменение технического состояния объектов контроля во времени являются одними из важнейших в настоящее время [8, с. 508; 4, с. 35]. Повышение требований к надежности летательных аппаратов неизменно приводит к повышению требований к точности размеров и поверхностного слоя деталей, применению новых труднообрабатываемых конструкционных материалов, обладающих необходимыми физико-механическими свойствами. В последнее время при обработке деталей авиационной промышленности широкое применение находят инструменты на основе алмазно-металлических композитов, что дает возможность изготовления профилей различных форм с высокой степенью точности и качества обработки [7, с. 61]. Влияние свойств алмазно-металлических композитов на работоспособность абразивных инструментов – вопрос, требующий особого внимания. На рисунке 1 показана схема обработки заготовки вращающимся алмазным роликом.



**Рисунок 1** – Схема обработки заготовки вращающимся алмазным роликом:  
1 – алмазы; 2 – связка; 3 – обрабатываемый материал; 4 – срезанные частицы обрабатываемого материала; h – зазор; H – высота выступания алмазов из связки

Для функционирования инструмента необходимо, чтобы алмазы выступали из связки на некоторую величину. Частицы обрабатываемого материала, срезанные с за-

готовки в процессе шлифования, воздействуют на связку алмазного инструмента и вызывают ее абразивный износ. Износ связки между алмазными зернами приводит к их выкрашиванию. Кроме того, изнашиванию подвергаются сами алмазные зерна, в результате притупляются их кромки и снижается режущая способность. В связи с этим, эксплуатационный ресурс алмазных инструментов зависит от износостойкости алмазных зерен и связки.

Другой важной характеристикой алмазных инструментов является производительность обработки. Она определяется объемом материала, срезанного с заготовки в единицу времени.

Эксплуатационный ресурс и производительность обработки зависят от следующих параметров:

**1. Толщина алмазосодержащего слоя.** Ее определяют исходя из технологических и экономических соображений [5, с. 28].

Из экономических соображений целесообразно использовать инструмент со слоем большой толщины, так как затраты на приобретение инструмента, отнесенные к одному карату алмазов, при большей толщине слоя получаются меньше. В процессе эксплуатации фасонные абразивные инструменты теряют свою первоначальную форму и размеры вследствие износа. При большой толщине алмазосодержащего слоя возможна правка инструмента путем электрохимической, механической обработки, либо использование изношенного инструмента для черновых операций. При износе инструмента с однослойным алмазосодержащим покрытием он приходит в негодность и восстановлению не подлежит.

Вместе с этим, получение алмазосодержащих покрытий большой толщины на сложных фасонных поверхностях ограничивается технологическими возможностями существующих методов.

**2. Зернистость алмазов.** С увеличением размеров алмазных зерен возрастает производительность обработки, но вместе с тем и шероховатость обработанной поверхности. При необходимости съема большего количества материала и обеспечения высокой чистоты поверхности целесообразно общий съем материала разделить на две последовательные операции – черновую, выполняемую более крупнозернистым инструментом, обеспечивающим необходимую производительность, и чистовую, выполняемую более мелкозернистым инструментом, обеспечивающим требуемую шероховатость обработанной поверхности.

**3. Марка алмазного порошка.** Промышленностью выпускаются алмазы различных марок, отличающиеся по прочности. Алмазы с высокой прочностью, например, марок AC150 (Россия, ГОСТ 9206-80), SDB 1085 (ElementSix, Великобритания), имеют повышенный ресурс, дольше сохраняют острые режущие кромки. Однако с увеличением прочности алмазов возрастает их стоимость. Применение высокопрочных алмазов оправдано в том случае, если металлическая связка инструмента обладает достаточной износостойкостью и удерживает алмазы до тех пор, пока они не отработают свой ресурс.

**4. Концентрация алмазов.** Одной из важнейших характеристик алмазного абразивного инструмента, определяющих его режущую способность, производительность, срок службы и стоимость, является концентрация алмаза, то есть весовое их содержание в единице объема алмазосодержащего слоя.

За 100 %-ную концентрацию условно принято содержание алмазов в количестве 4,4 карата в 1 см<sup>3</sup> алмазосодержащего слоя (т.е. 0,88 г/см<sup>3</sup>), что соответствует 72 каратам в одном кубическом дюйме (норма, впервые принятая в США). Приняв плотность алмаза равной 3,52 г/см<sup>3</sup>, определим объем, который занимают алмазы в 1 см<sup>3</sup>:

$$V = \frac{0,88}{3,52} = 0,25 \text{ см}^3.$$

Следовательно, независимо от вида связки при 100%-ной концентрации алмазные зерна в алмазоносном слое занимают 25% по объему.

Выбор концентрации алмазов определяется условиями эксплуатации инструмента и экономическими соображениями. Эффективность инструмента с высокой концентрацией зависит от степени использования алмазных зерен, то есть от того, насколько долго связка и условия шлифования позволят обеспечить работу алмазных

зерен и предотвратить их преждевременное выкрашивание. Если эти условия обеспечиваются, инструмент с высокой концентрацией алмазов работает эффективнее инструмента с низкой концентрацией. В настоящее время наибольшее распространение получил инструмент с концентрацией алмазов 100 % и выше.

При небольшой величине поверхности контакта абразивного инструмента с деталью увеличивается давление на рабочий слой, что в свою очередь ведет к повышенному износу. Для уменьшения износа в этом случае наряду с применением износостойких связок следует повышать концентрацию алмазов. С повышением концентрации повышается стойкость профиля и острых кромок. Это чрезвычайно важно для фасонных сложно профильных инструментов.

При одинаковой концентрации в алмазоносном слое количество (в штуках) мелких алмазных зерен больше, чем в слое, содержащем крупные алмазы. Следовательно, для мелкозернистых инструментов концентрация может быть ниже. При крупной зернистости следует применять инструмент с более высокой концентрацией.

Однако следует отметить, что при использовании инструмента с высокой концентрацией алмазов требуется большая мощность станка, так как при повышении концентрации алмазов уменьшается нагрузка, действующая на каждое отдельное зерно, тем самым затрудняется внедрение алмазов в обрабатываемый материал.

**5. Свойства металлической связки.** Наряду с зернистостью, маркой и концентрацией алмазов состав связки является одной из основных характеристик, определяющих работоспособность и эффективность алмазного абразивного инструмента [6, с. 139; 8, с. 511]. Связка должна отвечать следующим требованиям:

- образовывать с поверхностью алмаза химические связи и хорошо смачивать алмаз;
- обладать достаточной износостойкостью, прочно удерживать алмазные зерна;
- обеспечивать самозатачивание, т.е. по мере затупления алмазных зерен должна изнашиваться, способствуя выпадению затупившихся зерен и вскрытию режущих граней новых зерен;
- обладать достаточной термостойкостью и иметь хорошую теплопроводность;
- в паре с обрабатываемым материалом иметь минимальный коэффициент трения;
- иметь коэффициент линейного расширения, приближающийся к коэффициенту линейного расширения алмаза;
- не вступать в химическое взаимодействие с обрабатываемым материалом и охлаждающей жидкостью.

Таковыми свойствами в наиболее полной мере обладают металлические связки, содержащие компоненты, химически активные по отношению к алмазу [4, с. 26038; 5, с. 28–31].

Из проведенного анализа следует, что для повышения эксплуатационного ресурса и эффективности инструмента из сверхтвердых материалов с рабочими поверхностями фасонной формы необходимо решение двух технических задач:

- получение алмазосодержащего покрытия большой толщины на сложных фасонных поверхностях;
- обеспечение износостойкой металлической связки, способной прочно удерживать алмазные зерна.

#### Список литературы:

1. Sokolov E.G., Ozolin A.V. The influence of temperature on interaction of Sn-Cu-Co-W binders with diamond in sintering the diamond-containing composite materials // *Materials Today: Proceedings*. – 2018. – Vol. 5. – Is. 12. – P. 26038–26041. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39145219>
2. Sokolov E.G., Ozolin A.V., Arefieva S.A. The effect of tungsten nanoparticles on the hardness of sintered Sn-Cu-Co-W alloys // *Materials Science Forum*. – 2020. – Vol. 992. – P. 511–516. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42832658>
3. Артемьев В.П., Соколов Е.Г., Козаченко А.Д. Исследование взаимодействия композиционных припоев с алмазом // *Металловедение и термическая обработка металлов*. – 2013. – № 6. – С. 28–31. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19413239>

4. Кобзева С.А., Панин В.Е., Плешанов В.С. Диагностика нагруженных сварных соединений оптикотелевизионным методом // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1997. – Т. 63. – № 4. – С. 35–37. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25474195>
5. Соколов Е.Г. Вязкость композиционных припоев кобальт-олово-медь-вольфрам, применяемых при пайке фасонных алмазно-абразивных инструментов // Технология металлов. – 2015. – № 6. – С. 28–32. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23651390>
6. Соколов Е.Г., Козаченко А.Д. Выбор компонентов связки для фасонного алмазно-абразивного инструмента // Прогрессивные технологии в современном машиностроении: сб. статей VI Международной науч.-техн. конф. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2010. – С. 139–141. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23275307>
7. Соколов Е.Г., Озолин А.В. Повышение стойкости алмазно-абразивных инструментов для обработки нитридо-кремниевой керамики // Современные технологии в машиностроении: сб. статей XX Международной науч.-практ. конф. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2016. – С. 61–65. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29165360>
8. Прогнозирование параметров технического состояния двигателей энергетических установок / Ю.Д.Шевцов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 132. – С. 508–517. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30605082>



УДК 621.791.3

**ПАЙКА КОМПОЗИЦИОННЫМИ ПРИПОЯМИ  
И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ**



**BRAZING BY COMPOSITE SOLDERING ALLOY  
AND POSSIBILITIES OF ITS APPLICATION**

**Арефьева С.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
adm@kgtu.kuban.ru

**Арустамова И.С.**

кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник  
Краснодарское высшее  
военное авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены преимущества пайки композиционными припоями, основные способы композиционной пайки, их особенности и области применения. Проведен анализ возможности применения композиционной пайки при производстве алмазных абразивных инструментов для изготовления надежных деталей летательных аппаратов с высокой степенью точности и качества обработки.

**Ключевые слова:** пайка, композиционный припой, связующие вещества, металлические порошки.

**Arefeva S.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
adm@kgtu.kuban.ru

**Arustamova I.S.**

PhD in Chemical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The advantages of brazing by composite soldering alloy, the main methods of composite brazing, their features and areas of application are considered. The analysis of the possibility of using composite brazing in the production of diamond abrasive tools for the manufacture of reliable aircraft parts with a high degree of accuracy and quality of processing is carried out.

**Keywords:** brazing, composite soldering alloy, binding agents, metal powders.

**С**варка и пайка принадлежат к тем технологическим процессам, которые широко используются в самых различных отраслях промышленности. При ремонте авиационной техники около 60 % всех деталей и узлов может быть восстановлено с помощью сварки и пайки. Одним из условий достижения высокого качества сварных и паяных конструкций является постоянный и тщательный контроль всего производственного цикла их изготовления и эксплуатации [5, с. 10]. Для контроля сварных и паяных соединений разработаны специальные методы и аппаратура, их главная задача – выявление дефектов, объяснение причин их появления [6, с. 386], предложение способов предупреждения преждевременного разрушения изделий [4, с. 35]. Совершенствование технологий, появление новых видов и разновидностей сварки и пайки значительно повышают качество соединений. Основными преимуществами композиционной пайки являются возможность получения композиционной структуры в паяемом изделии и возможность пайки конструкций с неравномерными и некапиллярными зазорами. Формирование композиционной структуры в материале приводит к тому, что совместная работа разнородных материалов, входящих в его состав, в процессе эксплуатации дает эффект, равноценный созданию нового материала.

Композиционные припои, как правило, содержат в себе тугоплавкий наполнитель и легкоплавкую матрицу. Температура плавления наполнителя должна быть выше температуры пайки.

Наполнитель композиционного припоя в виде порошка, сетки, волокон образует разветвленный капилляр, удерживающий большую часть легкоплавкой матрицы, излишками которой осуществляется смачивание поверхностей паяемых деталей. Благодаря наличию тугоплавкого наполнителя композиционные припои обладают повышенной вязкостью, хорошо удерживаются в широких зазорах и на вертикальных поверхностях [7, с. 28].

Наполнитель в припое в большинстве случаев обеспечивает основные физико-механические, в частности прочностные, свойства паяного соединения [2, с. 511; 8, с. 19]. Матрица может вводиться в припой в виде порошков или покрытий, которые наносятся на паяемые поверхности. Наполнитель, как и матрицу, выбирают исходя из эксплуатационных требований [10, с. 139]. Основное требование к матрице сводится к обеспечению качественного смачивания наполнителя и паяемых поверхностей.

В настоящее время применяют три основных способа композиционной пайки.

Первый способ характеризуется применением припоя, сохраняющего композиционную структуру после пайки. Например, методами волокнистой металлургии получают губкообразную сетку, состоящую из стальных волокон диаметром 10 мкм. Сетку спекают, пропитывают расплавом припоя и прокатывают до нужной толщины (0,05 мм и более). Объемная доля волокна составляет более 10 ... 20 %. Полученную ленту припоя укладывают на соединяемые поверхности, которые собираются с зазором или без зазора, и производят пайку. В качестве пропиточного материала используют сплавы Pb-Sn и другие. Сетку, волокна можно также помещать в зазор шириной свыше 1 мм с последующим частичным спеканием или без него. В этом случае металл легкоплавкой матрицы укладывается около зазора и в процессе пайки пропитывает пористый материал.

Аналогично производят пайку с использованием смеси порошков. Применение смеси порошков позволяет паять материалы с большими зазорами и соединять разнородные материалы с резко различающимися значениями термического коэффициента линейного расширения, снижать напряжения в шве при пайке, регулировать степень растекания припоя, паять пористые материалы с компактными, а также тонкостенные конструкции, исключая эрозию паяемых материалов. Формирование соединения может включать подготовительную стадию – заполнение зазора, и основную – формирование шва в процессе смачивания наполнителя и паяемых поверхностей, пропитки и жидкофазного спекания с последующей кристаллизацией. При использовании этой технологии в качестве наполнителя применяют порошки Cu, Fe, Ni, Co, W, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiC и другие. Матрицей обычно служат припои стандартных составов, например систем Pb-Sn, Cu-Ni-Mg, Ni-Cr-Si и др. Рассматриваемый способ композиционной пайки позволяет получать износостойкие покрытия на стальных деталях. Структура таких покрытий состоит из частиц карбида вольфрама, заключенных в матрицу из никелевого, медного или кобальтового сплава. Толщина покрытий, полученных композиционной пайкой, может достигать нескольких миллиметров.

Второй способ характеризуется получением в материале композиционной структуры за счет диспергирования или взаимной диффузии компонентов припоя и паяемого материала, причем исходный припой может не иметь композиционной структуры. Примером является пайка жаропрочного никелевого сплава Udimet 700, содержащего % (масс.): Ni-15, Cr-18,5, Co-5, Mo-4,3, Al-3,3, Ti-0,07, C-0,03. Основу припоя составляет сплав, по составу аналогичный паяемому металлу. При этом из него исключены титан и алюминий, образующие хрупкие соединения на межфазных границах, и введен бор (в количестве до 3 %). Расплав припоя состава, % (масс.): Ni-15; Cr-15; Co-5; Mo-2,5; В – вводится в зазор шириной 0,025 ... 0,1 мм. В процессе пайки при температуре 1150 °C с выдержкой 24 ч, происходит диффузия в шов титана и алюминия и выпадение из расплава тугоплавкой интерметаллидной фазы Ni<sub>3</sub>(AlTi). Образующиеся паяные соединения за счет композиционной структуры обладают высокой прочностью при температурах до 980 °C.

Третий способ – пайка припоями, обеспечивающими получение в материале структуры, состоящей из твердых растворов. В этом случае композиционные припои используются в виде многослойных фольг, покрытий, послойного нанесения порошков, сеток в сочетании с ленточным или порошковым припоями. Для снижения температуры пайки компоненты слоев подбирают таким образом, чтобы в процессе контактного плавления происходило образование жидкой фазы, обеспечивающей смачивание и растворение паяемых материалов, покрытий, буферных прослоек и легирование шва, что придает соединению высокие механические и антикоррозионные свойства.

Композиционные припои наносят на место пайки различными способами.

На основе порошковых композиционных припоев готовят паяльные пасты. Для их получения металлические порошки припоя смешивают со связующим веществом и, если необходимо, с флюсом. В качестве связующих веществ чаще всего используют органические высокомолекулярные углеводороды. Преимуществами припоев-паст являются точность дозировки, удобство нанесения на паяемые поверхности. С помощью подбора компонентов можно изменять вязкость паст. Низкая вязкость необходима в том случае, когда паяльную пасту наносят на большую поверхность. Нанесение жидкой пасты можно осуществить с помощью пульверизатора.

В некоторых случаях из порошковых композиционных припоев формуют закладные детали, которые затем помещают между паяемыми поверхностями. Например, известен процесс пайки стыков бурильных труб с использованием смеси порошковых припоев П-87 и П-100. Металлические порошки смешивали с полимерными связующими и путем горячего прессования получали кольцеобразные закладные детали. Припой помещали между торцами трубы из стали 36Г2С и муфты из стали 40ХН. Пайку с высокочастотным нагревом осуществляли при осевом поджатии заготовок. Порошок припоя П-100 с температурой полного расплавления 1140 °С в данном случае выполняет роль тугоплавкого наполнителя и предотвращает вытекание жидкого припоя П-87 из зазора.

Преимущества композиционной пайки важны при производстве алмазных абразивных инструментов, без которых сегодня невозможно изготовление надежных деталей летательных аппаратов с высокой степенью точности и качества обработки [11, с. 61]. Получение композиционной структуры металлической связки в ходе пайки представляет большой интерес с точки зрения обеспечения износостойкости [9, с. 37; 2, с. 514]. Авторами патента [1, с. 1-6] разработан способ получения абразивных инструментов из сверхтвердых материалов с рабочими поверхностями сложной фасонной формы. Способ заключается в следующем. На поверхность стальной подложки наносят алмазные частицы и композиционный припой, содержащий легкоплавкую матрицу, тугоплавкий наполнитель и связующее вещество. Подложку с нанесенными на нее алмазными частицами и композиционным припоем нагревают выше температуры плавления легкоплавкой матрицы, выдерживают при этой температуре и затем отжигают в вакууме или в защитной атмосфере при температуре испарения компонентов легкоплавкой матрицы. В качестве легкоплавкой матрицы композиционный припой содержит порошки легкоплавких металлов с низкой температурой кипения (Cd, Zn, Pb, Bi, Na, Li) или порошки сплавов, содержащих эти металлы. Массовая доля легкоплавкой матрицы составляет 30 ... 65 %. В качестве тугоплавкого наполнителя используют порошки карбида вольфрама, кобальта, карбидообразующих тугоплавких металлов, железа, меди, никеля [8, с.19]. Содержание тугоплавкого наполнителя в композиционном припое 25 ... 60 % по массе. В качестве связующего вещества используют органические соединения из группы, включающей глицерин, вазелин или их смеси с флюсующими добавками. Содержание связующего вещества 10 ... 40 % по массе. При нагреве композиционного припоя до температуры плавления легкоплавкой матрицы связующее вещество испаряется. Легкоплавкая матрица при ее расплавлении обеспечивает смачивание частиц тугоплавкого наполнителя и подложки. Тугоплавкий наполнитель частично растворяется в жидкой матрице, повышает ее вязкость и препятствует стеканию припоя к основанию покрываемого изделия [7, с. 31], обеспечивает химическое взаимодействие припоя с алмазными частицами. Выдержка выше температуры плавления легкоплавкой матрицы составляет 0,25 ... 0,5 ч.

После расплавления легкоплавкой матрицы изделие подвергают отжигу при температуре 700 ... 1100 °С с продолжительностью выдержки 0,5 ... 3 ч. В процессе отжига легкоплавкие компоненты припоя частично испаряются из расплава. В результате на подложке формируется покрытие с многофазной структурой, состоящее из алмазных частиц и металлической связки, которая образует с алмазными частицами химические связи [3, с. 28]. Испарение легкоплавких компонентов необходимо для того, чтобы удалить из металлической связки легкоплавкую матрицу, повысить температуру плавления металлической связки и ее теплостойкость.

Преимуществами описанного способа является возможность формировать алмазосодержащие покрытия большой толщины на сложных фасонных поверхностях.

**Список литературы:**

1. Пат. 2362666 РФ. Способ получения абразивного алмазного инструмента / Е.Г. Соколов, Г.Я. Соколов, Р.И. Грознов. Оpubл. 27.07.2009. Заявка № 2007148391/02 от 24.12.2007. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37553361>
2. Sokolov E.G., Ozolin A.V., Arefieva S.A. The effect of tungsten nanoparticles on the hardness of sintered Sn-Cu-Co-W alloys // Materials Science Forum. – 2020. – Vol. 992. – P. 511–516. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42832658>
3. Артемьев В.П., Соколов Е.Г., Козаченко А.Д. Исследование взаимодействия композиционных припоев с алмазом // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2013. – № 6. – С. 28–31. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19413239>
4. Кобзева С.А., Панин В.Е., Плешанов В.С. Диагностика нагруженных сварных соединений оптикотелевизионным методом // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1997. – Т. 63. – № 4. – С. 35–37. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25474195>
5. Кобзева С.А., Панин В.Е., Плешанов В.С. Формирование макрополосовых структур в деформируемых сварных соединениях аустенитных сталей // Сварочное производство. – 1997. – № 3. – С. 9–11. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=25474506>
6. Мезомасштабные закономерности усталостного разрушения сварных соединений высокопрочной стали / В.Е. Панин [и др.] // Физическая мезомеханика. – 2004. – Т. 7. – № S1-1. – С. 385–388. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=10365931>
7. Соколов Е.Г. Вязкость композиционных припоев кобальт-олово-медь-вольфрам, применяемых при пайке фасонных алмазно-абразивных инструментов // Технология металлов. – 2015. – № 6. – С. 28–32. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23651390>
8. Соколов Е.Г., Артемьев В.П. Влияние вольфрама на свойства металлических связок алмазных инструментов, полученных композиционной пайкой // Технология металлов. – 2015. – № 2. – С. 19–22. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=22961601>
9. Соколов Е.Г., Артемьев В.П., Козаченко А.Д. Формирование металлической связки алмазно-абразивного инструмента при композиционной пайке // Технология металлов. – 2012. – № 12. – С. 35–37. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18977966>
10. Соколов Е.Г., Козаченко А.Д. Выбор компонентов связки для фасонного алмазно-абразивного инструмента // Прогрессивные технологии в современном машиностроении: сб. статей VI Международной науч.-техн. конф. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2010. – С. 139–141. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23275307>
11. Соколов Е.Г., Озолин А.В. Повышение стойкости алмазно-абразивных инструментов для обработки нитридо-кремниевой керамики // Современные технологии в машиностроении: сб. статей XX Международной науч.-практ. конф. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2016. – С. 61–65. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29165360>

**К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА  
В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**



**ON THE ISSUE OF USING THE REGIONAL MATHEMATICAL EDUCATIONAL  
PORTAL IN THE DISTANCE EDUCATION SYSTEM**

**Даутова И.С.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
atros.v@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности применения мультимедийных порталов в дистанционных технологиях обучения.

**Ключевые слова:** инфокоммуникация, мультимедийные и сетевые технологии, интенсификация, дистанционное образование, дидактическая теория.

**Dautova I.S.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban state technological university  
atros.v@yandex.ru

**Annotation.** The article discusses the features of the multimedia portals using in distance learning technologies.

**Keywords:** infocommunication, multimedia and network technologies, intensification, distance education, didactic theory.

По мере развития и становления информационного общества возникает необходимость задействовать образовательный потенциал, который предполагает использование средств массовой информации и каналов массовой коммуникации, что помогает найти истинное место и наиболее эффективные способы использования новых информационных технологий в образовательном процессе.

Основными целями высшего образования становятся интеллектуальное развитие студентов, формирование качеств мышления, характерных для математической деятельности и необходимых человеку для полноценной жизни в обществе; овладение конкретными знаниями, умениями и навыками, необходимыми для применения в практической деятельности, для изучения смежных дисциплин и для продолжения образования; воспитание личности в процессе освоения различных дисциплин, формирование представлений об идеях и методах науки, как о форме описания и методе познания действительности. Реализация названных целей вызывает необходимость в обновлении системы высшего образования, которая призвана обеспечить гармоничное сочетание интересов личности и общества [1].

Проблема развития технологий обучения занимает важное место в современной педагогической науке, поскольку достижение максимальной эффективности учебного процесса напрямую зависит от наличия грамотно разработанного методического обеспечения и определения места и роли образовательных сред, и их инфокоммуникационных технологий в учебном процессе. Тем не менее, инфокоммуникационные технологии сами по себе не способны обеспечить оптимизацию и интенсификацию учебного процесса.

Образовательная среда представляет собой системную интеграцию информационных объектов и инноваций с целью создания информационно-педагогических ресурсов для внедрения в педагогический процесс высшего учебного заведения, позволяющую использовать различные формы и стратегии освоения знаний и развивать самостоятельную, познавательную учебную деятельность [2]. Примером такой образовательной среды может служить региональный математический портал, схема которого представлена на рисунке 1.

Региональный математический портал – это система сбора информации, система формализации знаний, опирающаяся на весь накопленный потенциал знаний образовательных организаций, на коллективный интеллект задействованных в процессе обучения людей, на вычислительные приложения, а также система выдачи накопленной и вновь созданной информации обучаемому в соответствии с принятой технологией обучения. Таким образом, региональный математический портал нужно воспринимать не только как единое информационное пространство высшего учебного заведения, но и как эффективную образовательную систему. Чтобы эта система работала, необходимы кардинальные изменения в информационной культуре участников образо-

вательного процесса (преподавателей, студентов), поэтому на первый план выдвигаются проблемы формирования информационной культуры личности, использующей данный ресурс на тактическом и операционном уровнях в процессе реализации различных видов деятельности в образовании [3].



Рисунок 1 – Структурная схема регионального математического работ портала

Рассматривая региональный математический портал в контексте решения задач совершенствования дидактической теории в условиях новой образовательной парадигмы и практики применения инфокоммуникационных технологий как средство, позволяющее эффективно организовать индивидуальную и коллективную работу преподавателя и студента, а также интегрировать различные формы и стратегии освоения знаний по соответствующим дисциплинам, направленных на развитие самостоятельной познавательной учебной деятельности, можно выделить основные составляющие портала как информационной образовательной среды:

1) организационно-управляющий компонент (документооборот, планирование учебной деятельности, расписание учебных мероприятий, электронные рейтинги, организационные условия, систему безопасности и модуль разграничения прав доступа и полномочий участников, доски объявлений, системы электронной почты и форума, обмен различного рода информацией с субъектами образовательного процесса) [4];

2) программно-стратегический компонент (доступ к программам и учебным планам дисциплин, стандартам образования, целям обучения и требованиям к знаниям умениям и навыкам, формам и методам обучения, вариативность учебных программ, свобода выбора образовательного маршрута в рамках одного образовательного учреждения, разнообразие методических обучающих средств, акцент на диалогическое общение);

3) учебно-методический компонент (структурированные учебные материалы по дисциплинам, включающие блоки методических разработок, сценариев занятий, теоретических занятий, тренировочных практических примеров, разноуровневых самостоятельных работ; проектный блок, блок контроля, дискуссии, конференции, экскурсии, исследовательские общества, структуры самоуправления и т.д.);

4) ресурсно-информационный компонент (вспомогательные учебно-информационные ресурсы, структурированные по типу ресурса и по предметным областям).

Информационно-образовательная среда строится по принципу создания целостного образовательного пространства, ориентированного на становление личности обучаемого. Для достижения новых целей и ценностей образования должны быть обеспечены возможность многомерного движения личности в образовательном пространстве и создание оптимальных условий для такого движения. Иначе говоря, приоритетами системы дистанционного образования становятся ориентация на развитие личности, адекватной потребностям современного общества, личностно-ориентированное, индивидуализированное обучение, формирование ключевых компетенций, развитие познавательных потребностей и способностей обучаемых. Применение средств информационно-коммуникативных технологий в учебном процессе будет эффективным, если эти средства будут реализовывать свои собственные, присущие только им функции, а не только поддерживать традиционные функции преподавателя в рамках ранее сложившейся системы образования. Приоритетной становится задача разработки дистанционных обучающих программных продуктов для использования в высшем учебном заведении, их массового внедрения и постепенного создания системы опережающего образования, основанной на новой информационной

технологии. Одним из способов повышения качества математического образования является создание и использование информационной образовательной среды. Она должна строиться как интегрированная многокомпонентная система, компоненты которой соответствуют учебной, вне учебной, научно-исследовательской деятельности, измерению, контролю и оценке результатов обучения, деятельности по управлению учебным заведением. Подобная среда должна обладать максимальной вариативностью, обеспечивающей дифференциацию всех возможных пользователей.



Рисунок 2 – Интерфейсы портала, их администрирование и взаимодействие между собой

### Список литературы:

1. Чигликова Н.Д., Даутова И.С., Кошечкина С.Е. К вопросу применения принципа модульности при формализации диалоговой информационной системы дистанционного образования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – URL : [www.science-education.ru/118-14136](http://www.science-education.ru/118-14136)
2. Семенюта И.С. Методика анализа информационной структуры базы данных автоматизированной системы составления расписаний // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2011. – № 09 (73). – URL : <http://ej.kubagro.ru/2011/09/pdf/06.pdf>
3. Безнос О.С. Системный анализ и синтез информационной модели организации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2007. – № 3 (51). – С. 140–144.
4. Безнос О.С. Разработка методического аппарата для создания медицинской информационной системы лечебного учреждения : дис. ... канд. техн. наук / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2008.
5. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование мультимедийного контента лекционного характера // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 327–329.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Обеспечение заданного уровня устойчивости сетевых информационных систем // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 433–435.
7. Брейтнер А.А., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Оптимизация работы динамичных интерактивных WEB-приложений // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 31–35.

**СОВРЕМЕННАЯ КРИПТОГРАФИЯ  
И АЛГОРИТМЫ ШИФРОВАНИЯ ДАННЫХ**



**MODERN CRYPTOGRAPHY AND DATA ENCRYPTION ALGORITHMS**

**Безнос О.С.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
atros.v@yandex.ru

**Кирьяков Д.Р.**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
atros.v@yandex.ru

**Аннотация.** Рассматриваются исторические периоды развития криптографии, как науки и средства удобной защиты данных. По итогу рассмотрения периодов и методов шифрования характерных им, были выделены основные характеристики классической и современной криптографии.

**Ключевые слова:** криптография, протоколы, ключ, шифрование, открытые системы, информация.

**Beznos O.S.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
atros.v@yandex.ru

**Kiryakov D.R.**

Student,  
Kuban State Technological University  
atros.v@yandex.ru

**Annotation.** The historical periods of the development of cryptography as a science and means of convenient data protection are considered. Based on the consideration of the periods and encryption methods characteristic of them, the main characteristics of classical and modern cryptography were identified.

**Keywords:** cryptography, protocols, key, encryption, open systems, information.

С древних времен осознанного человека помимо биологических потребностей были две особенные потребности – общаться и обмениваться информацией и общаться избирательно. Данные потребности способствовали рождению искусства кодирования сообщений так, чтобы только определенные люди могли иметь доступ к передаваемой информации. Третьи лица не могли извлечь полезную информацию, даже если зашифрованные сообщения были в их руках.

Слово «криптография» происходит от двух объединённых греческих слов: «крипто» означает скрытый и «графен» означает письменность.

Считается, что криптографическое искусство зарождалось вместе с искусством письма. По мере развития цивилизаций люди пришли к таким идеям, как власть, завоевание, превосходство и политика. С появлением данных идей появляется потребность людей тайно общаться, допуская к информации только определенный круг лиц, что обеспечивает непрерывную эволюцию криптографии.

**Задача:** выделить различия современной криптографии от классической и изучить методы шифрования информации.

Для того чтобы выделить различия современной криптографии от классической нужно рассмотреть периоды развития в истории криптографической науки.

**Первый период.** Отмечается влиянием моноалфавитных шифров, основным принципом которых является замена алфавита исходного текста другим алфавитом через замену букв другими буквами или символами. Рассмотрим примеры основных моноалфавитных шифров:

1. Шифр Цезаря.
2. Аффинный шифр.
3. Атбаш.

**Шифр Цезаря.** В этой версии шифра Цезаря ключ обозначается числом  $j$  ( $0 \leq j \leq n-1$ ) и коротким ключевым словом или фразой. Выписан алфавит и, начиная с  $j$ -й позиции, ключевое слово под ним. Остальные буквы пишутся после слова, которое является ключом, по алфавитному порядку. В результате записывается каждая замененная буква. Символы ключевого слова не должны быть разными. Также ключевое слово может состоять из разных символов, которые не будут повторять друг друга.



**Аффинный шифр.** Тип моноалфавитного шифра замещения, где каждая буква в алфавите сопоставляется с ее числовым эквивалентом, зашифровывается с помощью простой математической функции и преобразуется обратно в букву. Используемая формула означает, что каждая буква шифруется до одной другой буквы и обратно, что означает, что шифр по сути является стандартным шифром подстановки с правилом, определяющим, какая буква к какой идет. Таким образом, у него есть слабые места всех подстановочных шифров. Каждая буква зашифрована функцией  $(ax + b) \bmod 26$ , где  $b$  – величина сдвига.

**Атбаш.** Частный случай Аффинного шифра, правило шифрования состоит в замене  $i$ -й буквы алфавита буквой с номером  $n-i + 1$ , где  $n$  – число букв в алфавите.

**Второй период.** Характеризуется введением в обиход полиалфавитных шифров. Значимым представителем способствовавшему развитию полиалфавитных шифров считается криптограф Блез де Виженер, опираясь на классические методы шифрования, он разработал способ шифрования похожий на предложенный ранее Джован Белласо.

**Шифр Виженера.** В шифре Цезаря каждая буква алфавита сдвигалась на определенное количество позиций. Например, в шифре Цезаря при сдвиге +4, А стало бы Е, В стало бы Ф и так далее. Шифр Виженера включает в себя последовательности нескольких шифров Цезаря с различными значениями сдвига. Для зашифровывания обычно используется таблица алфавитов, называемая *tabula recta* или квадрат (табл.) Виженера. Применительно к русскому алфавиту таблица Виженера составляется из строк по 33 символов (в зависимости от алфавита), причём каждая следующая строка сдвигается на определенное количество позиций. Таким образом, в таблице получается 33 варианта шифра Цезаря. На каждом этапе шифрования используются различные алфавиты, выбираемые в зависимости от символа ключевого слова.

**Третий период.** Характеризуется внедрением электромеханических устройств (шифраторов) в работу шифровальщиков. Одна из известных машин, трёхроторная военная немецкая шифровальная машина «Энигма».

**Шифровальная машина «Энигма».** Энигма представляла собой динамический шифр Цезаря. Изначально на барабанах выставлялось какое-то начальное значение, оно и являлось ключом. После, при наборе букв, каждая буква шифровалась шифром цезаря, а потом, этот шифр менялся на другой. Смена шифра обеспечивалась с помощью роторов. Ротор представлял собой диск, у которого было по 26 контактов с каждой стороны, соединенных внутри ротора определенным (случайным) образом. В момент прохождения через ротор, сигнал преобразовывался из буквы «А» в букву «Е» и так далее. Роторов использовалось несколько, и они поворачивались после набора каждого символа. Так же дополнительно, была коммутационная панель, в которую вставлялись провода и за счет этого попарно менялись буквы. Например, воткнув провод одним концом в гнездо «А», а другим – в «Z», эти буквы менялись местами.

**Четвертый период.** Период перехода к математической криптографии. В работе Шеннона появляются строгие математические определения количества информации, передачи данных, энтропии, функций шифрования. Обязательным условием создания шифра считается изучение его уязвимости для различных известных атак – линейного и дифференциального криптоанализа. До 1975 года использовались классические методы криптографии.

**Современный период.** Зарождение и развитием нового направления, а именно криптография с открытым ключом. Современная криптография образовало отдельное научное направление на стыках математики и информатики. Для современной криптографии характерно использование открытых алгоритмов шифрования, предполагающих использование вычислительных средств. Известно более десятка проверенных алгоритмов шифрования, которые при использовании ключа достаточной длины и корректной реализации алгоритма криптографически стойки. Наиболее распространённые алгоритмы:

- симметричные DES, AES, Blowfish;
- асимметричные RSA и Elgamal (Эль-Гамаль);
- хеш-функций MD4, MD5, SHA-1.

**Алгоритм DES.** Алгоритм шифрования оказался уязвимым для мощных атак, поэтому популярность данного алгоритма упала, на смену DES пришел стандарт AES. DES представляет собой блочный шифр и шифрует данные в блоках размером 64 бита каждый, что означает, что 64 бита открытого текста поступают в качестве входных данных для DES, который создает 64 бита зашифрованного текста. Для шифрования и дешифрования используются один и тот же алгоритм и ключ с небольшими отличиями. Длина ключа 56 бит.

**Алгоритм AES.** Один из наиболее безопасных алгоритмов шифрования, может использоваться для обеспечения безопасности документов с грифом «совершенно секретно». Принцип работы блочного шифра заключается в том, что открытый текст шифруемых данных разбивается на блоки равного размера, который для AES составляет 128 бит. С помощью серии побитовых операций блоки данных также шифруются с использованием ключей определенной длины. AES позволяет использовать 128, 192 и 256-битные ключи, и чем больше размер ключа, тем надежнее шифрование. Если используется 128-битный ключ, шифрование блока выполняется 10 раз. Для 192 шифрование выполняется 12 раз, а для 256 – 14 раз. Таким образом, 256-битные ключи являются наиболее безопасными, но для большинства случаев шифрования достаточно 128-битных ключей. Однако, чем выше уровень безопасности данных, тем выше должен быть размер ключа. Пример стойкости AES, рассмотрим, сколько времени потребуется, чтобы взломать один пароль, зашифрованный с помощью ключа AES-256 бит. Чтобы взломать один 16-байтовый участок данных, зашифрованный с помощью ключа AES-256 бит, потребуются столетия с использованием метода прямого перебора. Общее количество перестановок, возможных с 256-битным ключом, составляет 2256, что делает практически невозможным взлом зашифрованного сообщения AES-256.

**Алгоритм RSA.** Является асимметричным алгоритмом криптографии – это означает, что он использует открытый ключ и закрытый ключ (т.е. два разных, математически связанных ключа). Как следует из их названий, открытый ключ является общедоступным, в то время как закрытый ключ является секретным и никому не может быть передан. Для наиболее качественной защиты данных могут комбинироваться алгоритмы шифрования.

**Вывод.** По итогу исследования можно выделить основные характеристики классической и современной криптографии. Классическая криптография оперирует с традиционными символами и буквами напрямую, методы, используемые для кодирования, держались в секрете и только определенный круг лиц знал о них, для шифрования нужно было использовать всю криптосистему. В современной криптографии напротив, операции происходят с двоичными битовыми последовательностями, криптографические системы опираются на общеизвестные математические алгоритмы кодирования информации, даже если известен алгоритм, этого недостаточно для того, чтобы злоумышленнику получить доступ к информации, не имея секретного ключа. Достижения современной криптографии позволяют надежно защитить информацию от несанкционированного ознакомления, искажения данных.

#### Список литературы:

1. Коржик В.И., Яковлев В.А. Основы криптографии : учебное пособие. – СПб. : Интермедия, 2017. – 312 с.
2. Сمارт Н. Криптография; пер. с англ. – М. : Техносфера, 2005. – 528 с
3. Ранцевая криптосистема Меркеля-Хеллмана / О.С. Безнос [и др.] // Студенческие научные исследования. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2021. – С. 39–43.
4. Зарубина С.А., Ларева А.П. технология «скринкастинга» как способ разработки мультимедийных обучающих ресурсов вуза // Труды Братского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2015. – Т. 1. – С. 219–222.
5. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 24–26.

6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

**ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ  
МОНИТОРИНГА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**



**BASIC PARAMETERS OF THE EXPERT MONITORING  
SYSTEM OF POWER TRANSFORMERS**

**Зарубина С.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
atros.v@yandex.ru

**Аннотация.** Рассматривается необходимость повышенного внимания к контролю, диагностике, прогнозированию состояния трансформаторного оборудования, находящегося в эксплуатации, основные повреждения силовых трансформаторов, обосновывается актуальность использования интеллектуальных экспертных систем мониторинга силовых трансформаторов и основные параметры данных систем мониторинга.

**Ключевые слова:** экспертная система, силовой трансформатор, интеллектуальная система, автоматизированная система, контроль, информация.

**Zarubina S.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
atros.v@yandex.ru

**Annotation.** The need for increased attention to monitoring, diagnostics, and predicting the state of transformer equipment in operation, the main damage to power transformers, substantiates the relevance of using intelligent expert systems for monitoring power transformers and the main parameters of these monitoring systems.

**Keywords:** expert system, power transformer, intelligent system, automated system, control, information.

**С**иловые трансформаторы (автотрансформаторы) входят в состав основного высоковольтного оборудования электростанций и подстанций. Они являются системообразующими элементами и по своим техническим и конструктивным параметрам не подлежат частой замене. Опыт эксплуатации показывает, что значительный недоотпуск электроэнергии в электрических сетях происходит из-за аварий силовых трансформаторов [1].

Одним из путей повышения надёжности является своевременное диагностирование развивающегося дефекта, который может привести к аварийному отказу силового трансформатора. В этой связи повышенное внимание должно уделяться контролю, диагностике, а также прогнозированию состояния трансформаторного оборудования, находящегося в эксплуатации.

С одними дефектами агрегаты могут продолжать функционирование, тогда как другие приводят к их полному отключению. В любом случае необходимо оперативное проведение ремонта, который позволит избежать серьезной аварии и привести к еще более сложным повреждениям. При этом важно не только определить характер дефекта, но и причины его появления.

Определить фактическое состояние высоковольтных силовых трансформаторов позволяет применение комплексного диагностического обследования трансформаторов. Это позволяет оценить их реальный остаточный ресурс, вкладывать средства в профилактику, ремонт и замену проблемного оборудования. Перспективным средством выявления и прогнозирования ресурса являются автоматизированные методы диагностики силовых трансформаторов, которые благодаря расширенному комплексу датчиков, охватывающим все его узлы и системы, позволяют на ранней стадии зафиксировать начало негативных процессов. Применение автоматизированных методов диагностики силовых трансформаторов позволит продлить ресурс силовых трансформаторов и поможет оперативному персоналу своевременно принимать решения на основе полноты получаемой информации.

Решение такой сложной задачи, как диагностирование состояния оборудования на основе многих контролируемых параметров с учетом особенностей объекта контроля, его режимов работы и предыстории его эксплуатации, требует переработки большого количества информации, невозможной без автоматизации этого процесса.

Наибольшей эффективностью в предупреждении аварий высоковольтных силовых трансформаторов систем электроснабжения обладают автоматизированные системы непрерывного контроля, использующие комплекс датчиков, реагирующих на максимально возможное число видов развивающихся при работе дефектов. Основное назначение автоматизированных систем непрерывного контроля – выявление на ранней стадии развития опасных для трансформатора дефектов непосредственно во время работы.

Особенно эффективно использование интеллектуальных экспертных систем постановки диагноза с базами знаний, составленными квалифицированными специалистами по отдельным направлениям диагностики. При отборе контролируемых параметров для базы знаний экспертной системы решается оптимизационная задача получения максимальной информации о состоянии объекта контроля при минимально возможном объеме применяемых средств и методов контроля. При такой оптимизации важную роль может сыграть объективная оценка информативности отдельных признаков дефектов и контролируемых параметров трансформатора. Неоднозначно проявляющиеся признаки имеют частную диагностическую ценность. Количественная оценка вероятности появления признака требует статистического анализа результатов обследования многих трансформаторов после их повреждений.

С помощью экспертной системы можно оптимизировать график плановых остановов, мероприятия по профилактике, минимизировать стоимость обслуживания и ремонта, уменьшить число вынужденных остановов блока, время вынужденного простоя, повысить коэффициент готовности силового трансформатора. Для принятия решения о дальнейшей работоспособности ТП необходимо проанализировать очень большое количество данных, характеризующих режим и состояние оборудования. Особенно затруднительно принятие решения оператором работающей машины в периоды изменений режима, например, во время изменения нагрузки или внезапных переходных процессов, а также при быстром развитии дефекта. В этих случаях необходима формулировка точного описания состояния оборудования, дающей рекомендации с указанием необходимых действий персоналу, с определением приоритета действий и оценкой вероятных последствий невыполнения рекомендованных действий для оперативного персонала. В базе знаний экспертно-диагностической системы находятся диагнозы и рекомендации, вытекающие из конструкции объекта контроля, правил и практики обслуживания и поддержания работоспособности оборудования. Если система сталкивается с непредвиденной ситуацией, база знаний извещает о необходимости постановки нового диагноза. Каждый такой новый диагноз вводится в базу знаний системы.

Важным является установление единой терминологии в отношении контрольных и диагностических систем. Предложено терминологически разграничить эти функции, используя следующие определения:

- экспертная система (Expert System) – система с использованием вычислительной техники, основанная на базе знаний и направленная на интеллектуальную оценку и принятие решения. Система не включает простейшие решения типа алгоритмов контроля и функционального контроля (в том числе, для защитных устройств);
- экспертная система непрерывного контроля (Monitoring Expert System) – система с ЭВМ, непрерывно получающая сигналы и данные измерений в динамике от работающей машины, имеющая также базу знаний и выдающая решение о ведении режима в реальном масштабе времени. Главная особенность системы – выдача рекомендаций в очень короткий срок после возникновения дефекта;
- экспертная система диагностики (Diagnostic Expert System) – система с ЭВМ, получающая данные измерений, проведенных при диагностических испытаниях на остановленной машине и выдающая рекомендации о возможности дальнейшей эксплуатации машины с использованием базы знаний. [2]

Экспертная система мониторинга предназначена для:

- непрерывного измерения, регистрации и отображения основных параметров трансформаторов в нормальных, предаварийных и аварийных режимах;
- оценки и прогнозирования технического состояния трансформаторов.

ЭСМ должна обеспечивать для каждой единицы трансформаторного оборудования выполнение следующих функций:

- функции прямого измерения и контроля состояния диагностических параметров объекта;
- функции определения диагностических параметров объекта по расчетно-аналитическим моделям.

Функция	Описание и назначение
Контроль теплового состояния трансформаторного оборудования, в том числе: а) контроль температуры верхних слоев масла; б) контроль температуры наиболее нагретой обмотки (по максимально загруженной стороне ВН, СН, НН или общей обмотки); в) определение кратности и длительности допустимых перегрузок.	Определение кратности и длительности допустимых перегрузок и температуры наиболее нагретой обмотки по публикации МЭК 60076-7:2005.
Контроль газосодержания масла	Оценка тенденции и диагностика состояния изоляции трансформатора
Контроль влагосодержания масла	Оценка тенденции и диагностика состояния изоляции трансформатора
Контроль текущего номера отпайки РПН	Оценка результата переключения РПН и отсутствия рассинхронизации
Контроль состояния высоковольтных вводов (только по отдельному решению ОАО «ФСК ЕЭС»)	Контроль тока утечки, емкости С1 и tg δ изоляции вводов на сторонах ВН и СН для вводов класса 220 кВ и выше, а для маслонаполненных вводов – дополнительно давления масла, оценка текущего состояния вводов и тенденций
Степень старения изоляции (только по отдельному решению ОАО «ФСК ЕЭС»).	Расчет старения изоляции по температуре наиболее нагретой точки обмотки и расчетному влагосодержанию твердой изоляции. Прогноз старения и общего износа по МЭК 60076-7:2005
Температура образования пузырьков (только по отдельному решению ОАО «ФСК ЕЭС»)	Расчет по содержанию влаги в изоляции и температуре обмотки: определение температуры конденсации влаги, запас по температуре образования пузырьков

Набор контролируемых и обрабатываемых ЭСМ величин, интервалы их опроса, приведены в таблице.

**Таблица – Входные параметра ЭСМ**

Входной параметр ИС	Диапазон изменения входного сигнала	Кол-во, шт.	Интервал опроса	Примечание
1	2	3	4	5
Температура окружающей среды	минус 60 – + 60 °С	1	Не реже 1 раза в 5 минут	температурный датчик устанавливается вблизи контролируемого оборудования
Температура верхних слоёв масла	минус 60 – + 100 °С	1	Не реже 1 раза в минуту	температурный датчик устанавливается на крышке бака
Температура масла на входе охладителя	минус 60 – + 100 °С	по 1-му на каждый охладитель	Не реже 1 раза в минуту	температурный датчик устанавливается на входе охладителя
Температура масла на выходе охладителя	минус 60 – + 100 °С	по 1-му на каждый охладитель	Не реже 1 раза в минуту	температурный датчик устанавливается на выходе охладителя
Температура масла в баке РПН	минус 60 – + 100 °С	по 1-му на каждый бак РПН	Не реже 1 раза в минуту	устанавливается на бак РПН
Ток или мощность привода РПН	0–3 А 0–3 кВт	по 1-му на каждый привод РПН	Не реже 1 раза за 20 мс в процессе переключения	датчик тока или мощности из шкафа привода РПН

**Окончание таблицы**

1	2	3	4	5
Текущий номер отпайки РПН	1–100	по 1-му на каждый привод РПН	Не реже 1 раза за 20 мс в процессе переключения	датчик положения РПН
Содержание газов в масле	0–1500 ppm	1	Не реже 1 раза в 4 часа	прибор контроля растворенных газов, устанавливается на трансформатор
Содержание влаги в масле	0–30 г/т	1	Не реже 1 раза в 4 часа	датчик влагосодержания масла
Температура нижних слоёв масла	минус 60 – + 100 °С	1	Не реже 1 раза в 15 минут	датчик влагосодержания или специализированный датчик
Давление масла вводов	0–6 кГ/см <sup>2</sup>	каждого ввода ВН и СН	Не реже 1 раза в 1 минуту	датчик на вводе (для герметичных вводов)
Поток масла в охладителях	«Сухой контакт»	по 1-му на каждый охладитель	Не реже 1 раза в 1 сек	датчик на охладителе
Трансформатор отключен/включен	«Сухой контакт»	1	Не реже 1 раза в 1 сек	от РЗА подстанции

Таким образом, построение интеллектуальной экспертной системы мониторинга силовых трансформаторов и автотрансформаторов непрерывно получающей сигналы и данные измерений в динамике от работающей машины позволяет не только оперативно выявить неисправности в работе трансформатора, но дать рекомендации по их устранению.

**Список литературы:**

1. Автоматизированный контроль состояния (мониторинг) силовых трансформаторов и автотрансформаторов / С.Л. Кужеков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2010. – № 5. – С. 44–47.
2. Дьяченко Р.А., Безнос О.С., Махаммад М.Д. К вопросу построения прогнозирующих алгоритмов оценки параметров дизельных электростанций // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2009. – № 2 (76). – С. 182–185.

УДК 661.725.81

**ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРА РАСТВОРИМОСТИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА  
ПУТЕМ ЕГО ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ**



**CHANGING THE SOLUBILITY PARAMETER OF POLYVINYL ALCOHOL  
BY CHEMICAL MODIFICATION**

**Бабаян А.Л.**

кандидат химических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В работе показана возможность направленно-го смещения параметра растворимости поливинилового спирта (ПВС) в заданные значения в результате его химической модификации изомасляным альдегидом (ИМА).

**Ключевые слова:** поливиниловый спирт, вспененные материалы, направленное смещение параметра растворимости, настраиваемые сорбенты.

**Babayan A.L.**

PhD in Chemical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The paper shows the possibility of directional displacement of the solubility parameter of polyvinyl alcohol (PVA) to the set values as a result of its chemical modification with isobutyric aldehyde (IMA).

**Keywords:** polyvinyl alcohol, foamed materials, directional displacement of the solubility parameter, customizable sorbents.

**В** настоящее время развитие полимерных и конструкционных материалов находится на высоком уровне. При изготовлении сверхпрочных или сверхлегких материалов уже не возникает затруднений. И сейчас встает проблема получения новых материалов в условиях космоса или в воде. Например, если бы можно было вспенивать полимер в воде, то поднятие затонувших кораблей не составляло бы труда.

Вспененные материалы, как и другие дисперсные системы, можно получить двумя способами: диспергационным и конденсационным.

При диспергационным способе пена образуется в результате интенсивного совместного диспергирования пенообразующего раствора и воздуха. Технологически диспергирование осуществляется при прохождении струй газа через слой жидкости или расплава (в барботажных или аэрационных установках, в аппаратах с «пенным слоем», применяемых для очистки отходящих газов, в пеногенераторах некоторых типов, имеющих сетку, орошаемую пенообразующим раствором); при действии движущихся устройств на жидкость в атмосфере газа или при действии движущейся жидкости на преграду (в технологических аппаратах при перемешивании мешалками, встряхивании, взбивании, переливании растворов); при эжектировании воздуха движущейся струей раствора (в некоторых пеногенераторах, предназначенных для тушения пожаров).

Конденсационный способ получения пен основан на изменении параметров физического состояния системы, (рабочей среды) газом. К этому же способу относится образование пен в результате химических реакций и микробиологических процессов, сопровождающихся выделением газообразных продуктов.

Пересыщение раствора или расплава газом и в результате этого вспенивание происходят при создании пониженного давления в аппарате с раствором, при повышении температуры раствора (при выпаривании растворов, дистилляции и т.д.), при введении в раствор веществ, уменьшающих растворимость газов.

Получение пен может быть обусловлено действием нескольких источников пенообразования одновременно. Так некоторые технологические процессы проводят при аэрации и перемешивании.

При микробиологическом синтезе аэрации и перемешивания образование пены обусловлено выделением газообразных продуктов метаболизма.



Механизм образования пузырька пены заключается в формировании адсорбционного слоя на межфазной поверхности газообразного или парообразного включения в жидкой среде, содержащей ПАВ. Скорость формирования этого слоя определяется скоростью диффузии молекул ПАВ из глубины раствора к поверхности включения. При выходе пузырька на поверхность раствора он окружается двойным слоем ориентированных молекул.

Следует отметить, что процесс пенообразования сложен из-за совместного влияния многочисленных физико-химических, физико-технических и других факторов. Закономерности, которыми характеризуется процесс образования пены, существенно зависят от условий проведения конкретного технологического процесса или эксперимента. Множество переменных параметров, влияние которых не всегда поддается учету, практически исключает возможность строгого математического описания протекающих процессов.

Интерес к химии синтетических водорастворимых полимеров в значительной мере обусловлен успехами, достигнутыми при использовании их для решения проблем очистки воды от токсичных примесей [1]. Перспективным направлением в данной области является создание сорбентов на основе настраиваемых систем.

К таким сорбентам можно отнести полимеры, принцип работы которых основан на термодинамическом сродстве к извлекаемым веществам. Это можно осуществить подбором ряда полимеров с нужным параметром растворимости ( $\delta$ ), как характеристики термодинамической совместимости веществ, или направленным смещением параметра растворимости полимера в заданные значения.

Параметр растворимости характеризует способность веществ к взаимному растворению, т.е. образованию гомогенной (однофазной) термодинамически устойчивой смеси, который теоретически можно оценить и рассчитать по структурной формуле соединения, используя предположение об аддитивности сил взаимодействия отдельных функциональных групп и радикалов, входящих в состав молекулы низкомолекулярного вещества или элементарного звена [1].

$$\delta_{\pi} = \frac{\rho \sum_i F_i}{M}$$

где  $\sum_i F_i$  – сумма констант притяжения отдельных групп;

$\rho$  – плотность полимера;

$M$  – «молекулярная» масса элементарного звена.

Зависимость смещения параметра растворимости от набора функциональных групп полимера можно показать на примере ПВС. По литературным данным  $\delta(\text{ПВС}) = \delta(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 12,6$  (кал/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup> однако, наличие в ПВС остаточных неомыленных ацетатных групп оказывает влияние на параметр растворимости, снижая его до  $\delta(\text{ДМФА}) = 12,1$  (кал/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup> [1, 2].

Нами осуществлено направленное смещение параметра растворимости ПВС за счет химической модификации изомасляным альдегидом. Предварительный расчет показал возможность смещения параметра растворимости получаемого полимера при 50 % замещении гидроксильных групп в область значений 9,5 ... 10,0 (кал/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>.

В результате проведенной реакции был получен полимер, набухание которого в хлороформе имеет наибольшее значение при  $\delta = 9,3$  (кал/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>. Однако, т.к. на набухание полимера, кроме параметра растворимости, оказывают влияние различные характеристики растворителя, например, его полярность, то набухание полимера возможно в других растворителях [1]. В данном случае полимер, кроме хлороформа ( $\delta = 9,3$  (кал/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>), набухает и в анилине ( $\delta = 10,3$  (кал/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>) (рис. 1).

Таким образом, в работе показана возможность получения полимеров, которые могут служить основой для создания настраиваемых сорбентов к ряду веществ с разным параметром растворимости. Степень «настройки» для ПВС модифицированного ИМА находится в диапазоне  $\delta_{\pi} = 2,8$  (кал/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>.

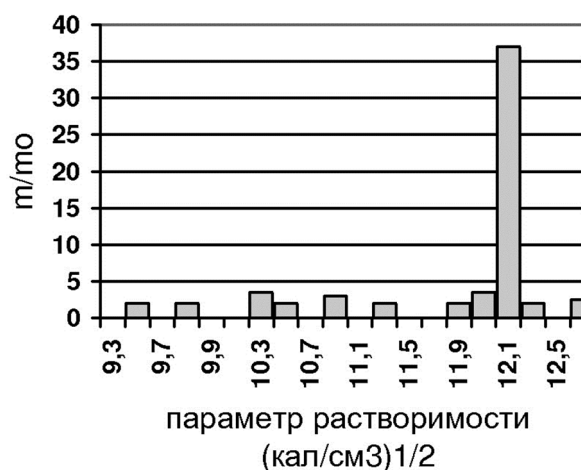


Рисунок 1 – Набухание ПВХ в различных растворителях

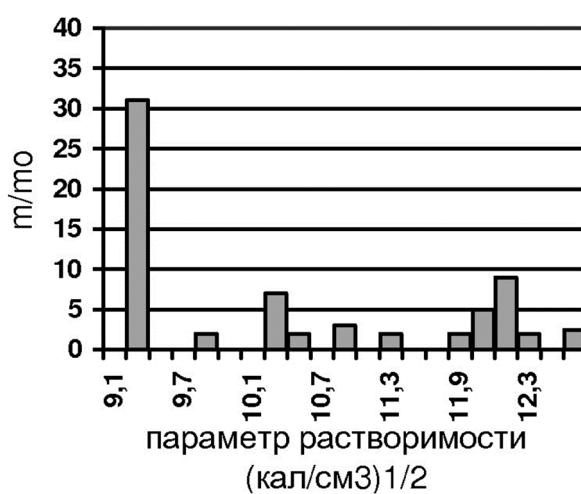


Рисунок 2 – Набухание модифицированного ПВХ в тех же растворителях

**Список литературы:**

1. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров. Перевод с англ. / Под ред. Малкина А.Я. – М. : Химия, 1976. – 413 с.
2. Сорбционные и хроматографические процессы. – 2004. – Т. 4. – № 1. – 59 с.
3. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. – М. : Химия, 1968. – 536 с.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ**  
◆◆◆◆  
**ORGANIZATION OF THE LOCAL NETWORK DIAGNOSTICS PROCESS**

**Марченко И.Д.**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Богданов В.В.**

кандидат технических. наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Василенко Н.В.**

кандидат технических. наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье дается анализ организации процесса диагностики локальной сети. Приводятся возможные неисправности и методы их поиска. Дается описание средств системного администратора для определения неисправностей и алгоритм поиска неисправностей.

**Ключевые слова:** показатели качества информационных систем, методика тестирования, утилиты мониторинга, неисправность.

**Marchenko I.D.**

Student,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Bogdanov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Vasilenko N.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Annotation.** This article provides an analysis of the organization of the local network diagnostics process. Possible malfunctions and methods of their search are given. A description of the system administrator's tools for troubleshooting and a troubleshooting algorithm is given.

**Keywords:** information systems quality indicators, testing methodology, monitoring utilities, malfunction.

**К**омпьютерная сеть – совокупность компьютеров и каналов связи, которая предоставляет каждому пользователю общие ресурсы.

Сетевые приложения – это приложения, созданные для максимального использования возможностей сетей, требующие выполнения последовательностей сетевых команд и имеющие свой пользовательский интерфейс.

Основными показателями качества информационных систем являются производительность, надежность, достоверность, безопасность.

Отказы в сетях имеют свою классификацию:

- по характеру возникновения;
- по степени очевидности (явные и скрытые);
- по взаимосвязи с отказами других элементов;
- по времени существования;
- по отношению к ремонтным работам;
- по природе возникновения;
- по модели OSI.

Анализ каждого признака неисправности, проводимый с помощью специальных инструментальных средств и методов поиска неисправностей, может выявить одну или несколько проблем.

Любая методика тестирования сети существенно зависит от имеющихся в распоряжении системного администратора средств. Администратор определяет основные параметры, и выявляет их тенденции. Диагностика неисправностей в компьютерных системах имеет две основные составляющие: аппаратную и программную.

Программный аспект диагностики подразумевает использование тестирующих программ различных классов: встроенные тест-программы и системы автоматического диагностирования. При программном методе диагностики, большая часть диагностических процедур возлагается на диагностические программные средства. Однако при большой точности программных средств диагностики, все равно невозможно опреде-

лить место неисправности с точностью до компоненты схемы, или до конкретной цепи, без применения аппаратных средств диагностики.

Типичные инструментальные средства поиска неисправностей:

- для проверки физических характеристик кабельной сети применяются вольтметры, цифровые мультиметры и кабельные тестеры;
- поиск обрывов в кабелях, рассогласований импеданса и других технических неисправностей кабельной сети осуществляется с использованием динамических рефлектометров и оптических динамических рефлектометров;
- для поиска неисправностей периферийных интерфейсов применяются коммутационные боксы, генераторы тестовых последовательностей и тестеры частоты ошибочных битов/частоты ошибочных блоков;
- сетевые мониторы позволяют получить полное представление о функционировании сети на протяжении определенного периода времени путем непрерывного отслеживания пакетов, проходящих по сети;
- сетевые анализаторы или анализаторы протокола декодируют информацию о разных уровнях протокола в зарегистрированных фреймах и представляют накопленную информацию в виде удобных для чтения кратких отчетов или сводок.

Совокупность элементарных проверок, их последовательность и правила обработки результатов определяют алгоритм диагностирования, который бывает условным и безусловным.

Существует несколько основных причин неудовлетворительной работы сети:

- дефекты активного оборудования,
- повреждения кабельной системы,
- перегруженность сетевых ресурсов,
- ошибки прикладного программного обеспечения.

Часто можно столкнуться с тем, что одни дефекты сети скрывают, маскируют другие проблемы. Для достоверности локальную сеть подвергают комплексной диагностике.

На рисунке 1 показана блок-схема общей модели решения проблемы поиска неисправностей.



Рисунок 1 – Блок-схема общего алгоритма поиска неисправности

Разрабатываемый алгоритм должен эффективно работать как на крупных сетях с большим количеством узлов, максимально быстро выполняя свои функции, так и на более мелких сетевых структурах, для которых можно также по итогам анализа предоставлять некоторые рекомендации по развитию и резервированию.

Если все устройства и интерфейсы доступны и нормально функционируют, а работа сети осуществляется некорректно, то либо проблемы с маршрутизацией, либо с конфигурацией одного или нескольких узлов сети. Для этого необходимо определить подсеть в которой находится неисправность, и с помощью утилит мониторинга, выявить неисправные узлы.

Выявив участок сети в котором находится неисправность, необходимо выявить ее причину и устранить.

При помощи проверки командой *run show interfaces terse* можно определить состояния интерфейсов узла.

Если маршрутизирующее устройство работает исправно в аппаратной части, значит, нарушение функционирования касается только логики работы его программной части – конфигурации. В таком случае, проверке подлежит именно конфигурация устройства. Соответственно необходимо произвести переконфигурирование сетевого оборудования.

### Список литературы:

1. Интуит. Национальный открытый университет. – URL : <https://www.intuit.ru/academies/companiesn/42/info> (дата обращения: 10.10.2021).
2. Коломоец Г.П. Организация компьютерных сетей : учеб. пособие. – Запорожье : Классический приватный университет, 2018. – 110 с.
3. Поляк-Брагинский А.В. Локальные сети. Модернизация и поиск неисправностей. – СПб. : БХВ-Петербург, 2019. – 396 с.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 24–26.
5. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

УДК 004.056

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАРУШЕНИЙ МАРШРУТИЗАЦИИ СЕТЕВОГО ТРАФИКА**



**INVESTIGATION OF NETWORK TRAFFIC ROUTING VIOLATIONS**

**Помогаев Д.С.**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Богданов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Василенко Н.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются основные классы существующих систем анализа, с точки зрения особенностей их подключения к сетям обмена данными и используемой программно-аппаратной базы. Представлены уровни анализа сетевых пакетов, анализ состояния потоков, группы средств анализа трафика. Приведены примеры анализаторов сетевого трафика, представленные на рынке.

**Ключевые слова:** сетевой трафик, маршрутизатор, пакеты, средства анализа.

**Pomogaev D.S.**

Student,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Bogdanov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Vasilenko N.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the main classes of existing analysis systems, from the point of view of the features of their connection to data exchange networks and the hardware and software base used. The levels of network packet analysis, flow state analysis, and groups of traffic analysis tools are presented. Examples of network traffic analyzers presented on the market are given.

**Keywords:** network traffic, router, packets, analysis tools.

**А**нализ сетевого трафика на сегодняшний день – очень обширная тема. Базовая модель OSI описывает архитектуру и принципы работы сетей передачи данных. Модель состоит из семи уровней (рис. 1): физический уровень, канальный уровень, сетевой уровень, транспортный уровень, сеансовый уровень, уровень представления данных и прикладной уровень. Для работы с маршрутизацией необходима работа с первыми четырьмя уровнями, которые имеют общее название – уровни среды (Media layers).

Модель OSI

Данные	Прикладной доступ к сетевым службам
Данные	Представления представление и кодирование данных
Данные	Сеансовый Управление сеансом связи
Блоки	Транспортный безопасное и надёжное соедание точка-точка
Пакеты	Сетевой Определение пути и IP (логическая адресация)
Кадры	Канальный MAC и LLC (Физическая адресация)
Биты	Физический кабель, сигналы, биодная передача данных

Рисунок 1 – Модель OSI

Основными проблемами маршрутизации являются:

- потеря пакетов,
- дублирование пакетов,
- проблемы управления,
- снятие пакетов.

Потеря пакетов. Потеря пакетов возникает в основном при ошибках коммутатора.

Дублирование пакета. Дублирование пакетов возникает в случае потери подтверждения доставки через какой-либо узел.

Проблемы управления. В основном данная проблема связана с управлением потоком пакетов. Суть этой проблемы заключается в избыточном потоке пакетов.

Снятие пакетов. У пакетов имеется «время жизни», в случае возникновения проблем пакет может находиться в сети дольше «времени жизни», по истечении которого он устраняется (снимается).

Данные проблемы являются внутренними нарушениями, помимо них существуют также внешние нарушения, обусловленные различного рода атаками.

Развитие анализа сетевого трафика можно разделить на два основных направления:

- углубление анализа для отдельного пакета, согласно модели OSI,
- анализ состояния потока, к которому относится пакет.

Различают три уровня анализа сетевых пакетов (рис. 2):

1. Поверхностный анализ пакетов, основывается на контроле заголовков пакетов. Данный метод требует мало ресурсов и позволяет анализировать большие объемы трафика, за счет этого данный метод один из самых распространенных, применяется в большинстве межсетевых экранов, маршрутизаторах и т.д.

2. Средний анализ пакетов, исследуются сессии и сеансы связи. Происходит анализ содержимого пакетов по predetermined правилам, без использования сложных методов анализа. Устройства проводящие средний анализ располагаются между провайдером интернета (сетевым шлюзом) и конечным пользователем. Разбор заголовков происходит до транспортного уровня, позволяя не привязываться к конкретному IP-адресу, а к формату данных пакетов и к данным некоторых протоколов сеансового уровня. Средний анализ пакетов более гибкий по сравнению с поверхностным, поскольку позволяет кроме разграничения доступа, также проводить кэширование содержимого, анализ сжатого или зашифрованного трафика, осуществлять запрет определенных команд. Основным недостатком этого метода является плохая масштабируемость, поскольку каждая команда и каждый протокол требуют отдельный «шлюз», также важным является скорость обработки данных, в данном методе она достаточно медленна для возможности обработки больших объемов данных.

3. Глубокий анализ пакетов, является развитием метода среднего анализа. В рамках глубокого анализа просматривается содержимое каждого пакета полностью, отличием является анализ не только содержимого пакета, но также и косвенных признаков, которые присущи определенным протоколам и сетевым программам. Данная технология была изначально разработана для высокоскоростной обработки больших объемов данных. Глубокий анализ позволяет проводить идентификацию с различной точностью: по типу протокола или приложения, по конкретному протоколу приложения, по приложению. На текущий момент данная технология является стандартом для средств анализа сетевого трафика.

Анализ состояния потоков можно проводить только для протоколов, использующих транспортный уровень с установленным соединением. В данном методе учитывается тот факт к какому именно потоку относится анализируемый пакет и результат анализа предыдущего пакета этого же потока. Но этот метод имеет также разбиение в зависимости от точности анализа, скорости работы и ресурсоемкости:

- анализ отдельных пакетов без учета потоков и состояний (PBNS),
- анализ пакетов в рамках потоков (PBFS),
- анализ сообщений в рамках потока (MBFS), сборка IP-фрагментов в IP-пакеты, TCP-сегментов в TCP-сеансы,
- анализ сообщений в рамках протокола (MBPS).



Рисунок 2 – Уровни анализа сетевого трафика по «глубине»

В основном своем все анализаторы сетевого трафика в своей работе проходят три основных этапа.

**Первый этап** – захват пакетов. Происходит получение объекта анализа. Захват может выполняться различными способами:

- слайсинг – анализу подвергается не весь пакет, а только некоторая часть (n первых бит);
- сэмплинг – перехватываются не все пакеты потока, а только определенная часть, удовлетворяющая определенным критериям;
- перехват всех пакетов потока, для задач, когда требуется максимально точный анализ.

**Второй этап** – группировка пакетов в потоки по определенным признакам, таким как:

- IP-адрес источника и адресата;
- протокол транспортного уровня;
- номера портов источника/адресата, для протоколов TCP/UDP;
- различные наборы счетчиков.

**Третий этап** – классификация по протоколу прикладного уровня или сетевому приложению, на основе следующих методов:

- на основе вывода, опирающийся на такие характеристики как размер пакетов, временные промежутки, сравнение шаблонов и т.д.;
- на основе сигнатур, опирающийся на поиске строк или регулярных выражений;
- на данных в разных представлениях, опирающийся на различные методы кодировки, сжатия данных и т.д.

Различают три больших группы средств анализа трафика.

**Аппаратные средства.** Данные средства представляют собой так называемый «черный ящик», и базируются на определенном чипе, могут содержать различные компоненты, такие как: ПЛИС, интегральные схемы специального назначения, бинарную и троичную ассоциативную память и различные их комбинации.

**Программные решения.** Данные решения в основной массе представляют собой высокопроизводительные сервера со стандартными сетевыми картами, которые для выполнения перехвата используют специальные разработки.

**Программно-аппаратные решения.** Данные решения применяют программную составляющую, но часть функционала выполняется на специализированных устройствах, к которым относятся:

- сетевые карты на базе технологий FPGA (программируемая пользователем вентиляционная матрица),
- специализированные вычислители на базе технологии FPGA,
- применение GPU-карт для отдельного вида вычислений.



Рассмотрим примеры анализаторов сетевого трафика, представленные на рынке.

Wireshark – программный продукт распространяемый в свободном доступе, поддерживает анализ большого количества сетевых протоколов, предоставляя возможность осуществления сортировки и фильтрации трафика. Также присутствует возможность перехвата и анализа трафика беспроводных сетей Wi-Fi.

К достоинствам данного инструмента можно отнести:

- работа с большим набором сетевых протоколов (в том числе IP-телефония);
- работа с различными форматами сетевых трасс;
- возможность подключения дополнительных модулей разбора трафика, в том числе разработанных самостоятельно;
- возможность восстановления потоков TCP;
- детальная система фильтрации сетевых пакетов.

К недостаткам можно отнести следующее:

- невозможность обработки восстановленного потока трафика;
- отсутствие возможности выполнения определенных действий в случае обнаружения сигнатур в трафике.

Bro Network Security Monitor – проводит анализ трафика в реальном времени, а также выполняет предопределенные действия в случае обнаружения в трафике заданных сигнатур.

Bro Network Security Monitor позволяет отслеживать активность HTTP, DNS и FTP, а также отслеживать трафик SNMP.

У данного приложения отсутствует графический интерфейс, все управление производится через консоль. Основным неудобством данного приложения является недоступность для Windows, оно работает только в Unix, Linux и OS X.

Анализ трафика в приложении *Snort* основан на сигнатурном поиске. Приложение может работать в двух режимах: анализ в реальном времени и отложенный анализ сохраненных трасс.

В основе работы приложения лежит набор правил. Каждое правило состоит из заголовка и набора опций. Заголовок может состоять из следующих полей:

- действие,
- протокол, к которому применяется правило,
- IP-адрес и порт источника,
- IP-адрес и порт приемника.

Набор опций представляет из себя шаблон, в случае обнаружения которого происходит действие, записанное в заголовке.

Colasoft Capsa представляет собой систему анализа трафика, которая позволяет не только выявлять проблемы, но также их локализовать. Программа может работать также с беспроводной сетью.

Colasoft Capsa имеет модульную структуру и состоит из модулей.

Особенностью данной программы является первичная фильтрация с отбрасыванием «неинтересных» пакетов, что повышает эффективность расхода ресурсов. Приложение поддерживает более 300 сетевых протоколов.

Также в данной программе возможно осуществить настройку уведомлений по уровням: отдельный пакет, протокол, отдельное соединение.

ClearSight Analyzer. Особенностью данной программы является применение специализированной сетевой карты FPGA, благодаря которой происходит полный захват трафика, передаваемого со скоростью 10–20 Gbps. Также данная сетевая карта позволяет осуществлять фильтрацию сетевых пакетов.

Одним из главных преимуществ ClearSight Analyzer является то, что анализ (в том числе и на седьмом уровне) происходит в режиме мониторинга, то есть, прежде, чем сетевой трафик будет сохранен.

### Список литературы:

1. Анализ угроз сетевой безопасности : статья // Лаборатория Сетевой Безопасности. – 2020. – URL : <http://ypn.ru/138/analysis-of-threats-to-network-security/>
2. Маркин, Ю. В., Санаров А.С. Обзор современных инструментов анализа сетевого трафика : статья // Сборники трудов Института системного программирования Российской академии наук. – 2019. – URL : [http://www.ispras.ru/preprints/docs/prep\\_27\\_2019.pdf](http://www.ispras.ru/preprints/docs/prep_27_2019.pdf)

3. Мустафаев А. Г. Нейросетевая система обнаружения компьютерных атак на основе анализа сетевого трафика: статья. – 2019. – URL : [http://e-notabene.ru/nb/article\\_18834.html](http://e-notabene.ru/nb/article_18834.html)
4. Многокритериальная маршрутизация информационных потоков / Н.И. Листопад [и др.] // Проблемы физики, математики и техники. – 2020. – № 2 (31). – С. 84–90.
5. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 24–26.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

**СИНТЕЗ СТРУКТУР МЕХАНИЗМОВ  
ВТОРОГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА**



**SYNTHESIS OF STRUCTURES OF MECHANISMS OF  
THE SECOND SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY**

**Вовкотруб В.В.**

кандидат технических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены основы структурного синтеза механизмов второго подсемейства первого семейства. Найден полный состав решений для данного подсемейства при сложности базисного звена цепи равной трем, подвижности механизмов равной единице и числе подвижных звеньев от трех до шести. Полученные решения позволяют найти все без исключения структурные схемы механизмов второго подсемейства первого семейства при заданных параметрах.

**Ключевые слова:** механизмы второго подсемейства первого семейства, синтез структуры механизма, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

**Vovkotrub V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the basics of the structural synthesis of the mechanisms of the second subfamily of the first family. The complete set of solutions for this subfamily was found with the complexity of the basic link of the chain equal to three, the mobility of mechanisms equal to one and the number of moving links from three to six. The solutions obtained make it possible to find all, without exception, structural diagrams of the mechanisms of the second subfamily of the first family for the given parameters.

**Keywords:** mechanisms of the second subfamily of the first family, synthesis of the structure of the mechanism, mobility, the basic link of the chain, kinematic pair.

Полный системный синтез структур механизмов второго подсемейства первого семейства возможен при разделении их на виды в зависимости от сложности базисного звена и при учете всего многообразия кинематических пар третьего, четвертого и пятого классов.

Сложность базисного звена цепи ( $\tau$ -угольника) зависит от числа его геометрических элементов ( $\tau$ ), которыми оно присоединяется к другим звеньям, образуя кинематические пары. В зависимости от числа  $\tau$  все механизмы делятся на виды [1]. К первому виду относятся механизмы с однопарным звеном ( $\tau = 1$ ), ко второму виду – с двупарным звеном ( $\tau = 2$ ), к третьему виду – с трехпарным ( $\tau = 3$ ) и т.д.

Обратимся к вопросу о синтезе структур механизмов второго подсемейства первого семейства. Используя для этих целей совместно универсальную структурную систему [1] и структурную формулу механизмов второго подсемейства, получим исходную систему уравнений:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_{(\tau-1)} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1, \\ W_{1(2)} = 5n - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3, \end{cases} \quad (1)$$

где  $W_{1(2)}$  – подвижность механизмов второго подсемейства первого семейства ( $W_{1(2)} = 1$ );

$n$  – общее число подвижных звеньев;

$\tau$  – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи;

$n_i$  – число звеньев, добавляющих в цепь по  $i$  кинематических пар;

$p$  – общее число кинематических пар цепи,  $p = p_5 + p_4 + p_3$ ,

$p_5$  – число пар V класса,

$p_4$  – число пар IV класса,

$p_3$  – число пар III класса.

Система уравнений (1) позволяет находить все возможные структуры механизмов второго подсемейства первого семейства по двум задаваемым независимым параметрам:  $\tau$ ,  $W$ . Решение системы сводится к отысканию параметров  $p_5$ ,  $p_4$ ,  $p_3$  и  $n_1$ .

Для второго подсемейства:  $p_5 \neq 0$ ,  $p_4 \neq 0$ ,  $p_3 \neq 0$ .

При  $\tau = 1$  система (1) не может иметь решений, т.к. минимальное число кинематических пар  $p = p_5 + p_4 + p_3$  должно быть равным 3.

При  $\tau = 2$  получим систему:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 2 + n_1, \\ n = 1 + n_1, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 5n - 1. \end{cases} \quad (2)$$

Подставим  $n_1 = n - 1$  в первое уравнение системы (2), и выразим из него  $p_3$ :

$$p_3 = 1 + n - p_5 - p_4, \quad (3)$$

Подставим значение  $p_3$  из (3) в третье уравнение системы (2) и получим:

$$p_4 = 3n - 3 - 2p_5. \quad (4)$$

Подставим значение  $p_4$  из (4) в (3) и получим:

$$p_3 = 4 - 2n + p_5. \quad (5)$$

Зададимся значением  $p_3 = 1$ , тогда из (5) получим:

$$2n = 3 + p_5. \quad (6)$$

Подставим  $p_4 = 1$  в (4) и получим:

$$3n = 4 + 2p_5. \quad (7)$$

Система из уравнений (6) и (7) имеет единственное решение:

$$p_5 = 1.$$

Таким образом, при  $\tau = 2$  и условии, что  $p_5 \neq 0$ ,  $p_4 \neq 0$ ,  $p_3 \neq 0$  система (2) имеет единственное решение:

$$n = 2, n_1 = 1, p_5 = 1, p_4 = 1, p_3 = 1. \quad (I)$$

Начнем поиск структур механизмов второго подсемейства, при условии  $\tau = 3$ . Система уравнений (1) в этом случае примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_2 + n_1, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 5n - 1. \end{cases} \quad (8)$$

Из третьего уравнения системы (8) выразим  $n$ :

$$n = \frac{(4p_5 + 3p_4 + 2p_3) + 1}{5}. \quad (9)$$

При наличии пар  $p_5$ ,  $p_4$ ,  $p_3$  хотя бы по одной, получаем, что

$$n = 2$$

Из этого результата следует, что однозвенных механизмов в этом подсемействе не существует.

Работоспособные структуры механизмов возможны, если скобка  $(4p_5 + 3p_4 + 2p_3)$  согласно (9), при  $n = 2, 3, 4, 5$  и т.д. будет принимать значения, соответственно, из ряда 9, 14, 19, 24 и т.д. через 5.

Выразим из второго уравнения системы (8)  $n_1$ :

$$n_1 = n - n_2 - 1, \quad (10)$$

и подставив его в первое уравнение системы (8), получим

$$p_5 + p_4 + p_3 = 2 + n + n_2. \quad (11)$$

Тогда для  $\tau = 3$  получим исходную систему:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 2 + n + n_2, \\ n_1 = n - n_2 - 1, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 5n - 1. \end{cases} \quad (12)$$

Для случая  $n = 3$  по (10):  $n_1 = 2 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 5 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 5 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 14. \end{cases} \quad (13)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 2$ ,  $p_5 + p_4 + p_3 = 5$ .

Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 5, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 14. \end{cases} \quad (14)$$

Из первого уравнения системы (14):  $p_3 = 5 - p_5 - p_4$ , тогда  $2p_5 + p_4 = 4$  или  $p_4 = 4 - 2p_5$ .

Система (14) имеет единственное решение:

$$n = 3, n_1 = 2, n_2 = 0, p_5 = 1, p_4 = 2, p_3 = 2. \quad (II)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 1$ ,  $p_5 + p_4 + p_3 = 6$ .

Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 6, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 14. \end{cases} \quad (15)$$

Из первого уравнения системы (15):  $p_3 = 6 - p_5 - p_4$ , тогда  $2p_5 + p_4 = 2$  или  $p_4 = 2 - 2p_5$ .

Система (15) не имеет решений:

Для случая  $n = 4$  по (10)  $n_1 = 3 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 6 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 6 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 19. \end{cases} \quad (16)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 6$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 6, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 19. \end{cases} \quad (17)$$

Система (17) имеет два решения:

$$n = 4, n_1 = 3, n_2 = 0, p_5 = 2, p_4 = 3, p_3 = 1. \quad (III)$$

$$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 0, p_5 = 3, p_4 = 1, p_3 = 2. \quad (IV)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 7$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 7, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 19. \end{cases} \quad (18)$$

Система (18) имеет два решения:

$$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 1, p_4 = 3, p_3 = 3. \quad (V)$$

$$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 1, p_3 = 4. \quad (VI)$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 8$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 8, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 19. \end{cases} \quad (19)$$

Система (19) имеет единственное решение:

$$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 1, p_3 = 6. \quad (VII)$$

Для случая  $n = 5$  по (10)  $n_1 = 4 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 7 + n_2$ .  
Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 7 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 24. \end{cases} \quad (20)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 4$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 7$ .  
Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 7, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 24. \end{cases} \quad (21)$$

Система (21) имеет единственное решение:

$$n = 5, n_1 = 4, n_2 = 0, p_5 = 4, p_4 = 2, p_3 = 1. \quad (VIII)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 8$ .  
Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 8, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 24. \end{cases} \quad (22)$$

Система (22) имеет три решения:

$$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 1, p_4 = 6, p_3 = 1. \quad (IX)$$

$$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 4, p_3 = 2. \quad (X)$$

$$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 3, p_4 = 2, p_3 = 3. \quad (XI)$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 9$ .  
Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 9, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 24. \end{cases} \quad (23)$$

Система (23) имеет два решения:

$$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 4, p_3 = 4. \quad (XII)$$

$$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 2, p_4 = 2, p_3 = 5. \quad (XIII)$$

Задаваясь  $n_2 = 3$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 10$ .  
Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 10, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 24. \end{cases} \quad (24)$$

Система (24) имеет единственное решение:

$$n = 5, n_1 = 1, n_2 = 3, p_5 = 1, p_4 = 2, p_3 = 7. \quad (XIV)$$

Для случая  $n = 6$  по (10)  $n_1 = 5 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 8 + n_2$ .  
Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 8 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 29. \end{cases} \quad (25)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 5$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 8$ .  
Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 8, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 29. \end{cases} \quad (26)$$

Система (26) имеет единственное решение:

$$n = 6, n_1 = 5, n_2 = 0, p_5 = 6, p_4 = 1, p_3 = 1. \quad (XV)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 4$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 9$ .  
Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 9, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 29. \end{cases} \quad (27)$$

Система (27) имеет три решения:

$$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 3, p_4 = 5, p_3 = 1. \quad (\text{XVI})$$

$$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 4, p_4 = 3, p_3 = 2. \quad (\text{XVII})$$

$$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 5, p_4 = 1, p_3 = 3. \quad (\text{XVIII})$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 10$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 10, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 29. \end{cases} \quad (\text{28})$$

Система (28) имеет четыре решения:

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 7, p_3 = 2. \quad (\text{XIX})$$

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 2, p_4 = 5, p_3 = 3. \quad (\text{XX})$$

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 3, p_4 = 3, p_3 = 4. \quad (\text{XXI})$$

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 4, p_4 = 1, p_3 = 5. \quad (\text{XXII})$$

Задаваясь  $n_2 = 3$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 11$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 11, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 29. \end{cases} \quad (\text{29})$$

Система (29) имеет три решения:

$$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 1, p_4 = 5, p_3 = 5. \quad (\text{XXIII})$$

$$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 2, p_4 = 3, p_3 = 6. \quad (\text{XXIV})$$

$$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 3, p_4 = 1, p_3 = 7. \quad (\text{XXV})$$

Задаваясь  $n_2 = 4$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_4 + p_3 = 12$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 12, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 29. \end{cases} \quad (\text{30})$$

Система (30) имеет два решения:

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 1, p_4 = 3, p_3 = 8. \quad (\text{XXVI})$$

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 2, p_4 = 1, p_3 = 9. \quad (\text{XXVII})$$

Сведем полученные решения в таблицу 1.

**Таблица 1** – Полный состав решений для второго подсемейства первого семейства механизмов при  $t = 3$  и числе подвижных звеньев от 3 до 6.

Число подвижных звеньев $n$	Решения, описывающие организацию механизмов из $n_i$ и $p_k$
1	2
3	$n = 3, n_1 = 2, n_2 = 0, p_5 = 1, p_4 = 2, p_3 = 2.$
4	$n = 4, n_1 = 3, n_2 = 0, p_5 = 2, p_4 = 3, p_3 = 1.$
4	$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 0, p_5 = 3, p_4 = 1, p_3 = 2.$
4	$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 1, p_4 = 3, p_3 = 3.$
4	$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 1, p_3 = 4.$
4	$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 1, p_3 = 6.$
5	$n = 5, n_1 = 4, n_2 = 0, p_5 = 4, p_4 = 2, p_3 = 1.$
5	$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 1, p_4 = 6, p_3 = 1.$
5	$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 4, p_3 = 2.$
5	$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 3, p_4 = 2, p_3 = 3.$
5	$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 4, p_3 = 4.$
5	$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 2, p_4 = 2, p_3 = 5.$
5	$n = 5, n_1 = 1, n_2 = 3, p_5 = 1, p_4 = 2, p_3 = 7.$
6	$n = 6, n_1 = 5, n_2 = 0, p_5 = 6, p_4 = 1, p_3 = 1.$
6	$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 3, p_4 = 5, p_3 = 1.$

**Окончание таблицы 1**

1	2
6	$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 4, p_4 = 3, p_3 = 2.$
6	$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 5, p_4 = 1, p_3 = 3.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 7, p_3 = 2.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 2, p_4 = 5, p_3 = 3.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 3, p_4 = 3, p_3 = 4.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 4, p_4 = 1, p_3 = 5.$
6	$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 1, p_4 = 5, p_3 = 5.$
6	$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 2, p_4 = 3, p_3 = 6.$
6	$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 3, p_4 = 1, p_3 = 7.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 1, p_4 = 3, p_3 = 8.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 2, p_4 = 1, p_3 = 9.$

Аналогично могут быть найдены структуры механизмов второго подсемейства первого семейства для других значений  $t$  и  $n$ .

Используя данные таблицы 1 можно найти все без исключения структурные схемы механизмов второго подсемейства первого семейства при заданных параметрах.

**Список литературы:**

1. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. – № 21. – С. 4–37.



**СИНТЕЗ СТРУКТУР МЕХАНИЗМОВ  
ТРЕТЬЕГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА**



**SYNTHESIS OF STRUCTURES OF MECHANISMS OF  
THE THIRD SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY**

**Вовкотруб В.В.**

кандидат технических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены основы структурного синтеза механизмов третьего подсемейства первого семейства. Найден полный состав решений для данного подсемейства при сложности базисного звена цепи равной трем, подвижности механизмов равной единице и числе подвижных звеньев от трех до шести. Полученные решения позволяют найти все без исключения структурные схемы механизмов третьего подсемейства первого семейства при заданных параметрах.

**Ключевые слова:** механизмы третьего подсемейства первого семейства, синтез структуры механизма, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

**Vovkotrub V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the basics of the structural synthesis of the mechanisms of the third subfamily of the first family. The complete set of solutions for this subfamily was found with the complexity of the basic link of the chain equal to three, the mobility of mechanisms equal to one and the number of moving links from three to six. The solutions obtained make it possible to find all, without exception, the structural diagrams of the mechanisms of the third subfamily of the first family for the given parameters.

**Keywords:** mechanisms of the third subfamily of the first family, synthesis of the structure of the mechanism, mobility, basic link of the chain, kinematic pair.

Полный системный синтез структур механизмов третьего подсемейства первого семейства возможен при разделении их на виды в зависимости от сложности базисного звена и при учете всего многообразия кинематических пар второго, четвертого и пятого классов.

Используя для этих целей совместно универсальную структурную систему [1] и структурную формулу механизмов, получим исходную систему уравнений:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + \dots + in_i + \dots + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_{(\tau-1)} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1, \\ W_{1(3)} = 5n - 4p_5 - 3p_4 - p_2, \end{cases} \quad (1)$$

где  $W_{1(3)}$  – подвижность механизмов третьего подсемейства первого семейства ( $W_{1(3)} = 1$ );

$n$  – общее число подвижных звеньев;

$\tau$  – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи;

$n_i$  – число звеньев, добавляющих в цепь по  $i$  кинематических пар;

$p$  – общее число кинематических пар цепи,  $p = p_5 + p_4 + p_2$ ,

$p_5$  – число пар V класса;

$p_4$  – число пар IV класса;

$p_2$  – число пар II класса.

Система уравнений (1) позволяет находить все возможные структуры механизмов третьего подсемейства первого семейства по двум задаваемым независимым параметрам:  $\tau$ ,  $W$ . Решение системы сводится к отысканию параметров  $p_5$ ,  $p_4$ ,  $p_2$  и  $n_i$ .

Для третьего подсемейства:  $p_5 \neq 0$ ,  $p_4 \neq 0$ ,  $p_2 \neq 0$ .

При  $\tau = 1$  система (1) не может иметь решений, т.к. минимальное число кинематических пар  $p = p_5 + p_4 + p_2$  должно быть равным 3.

При  $\tau = 2$  получим систему:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 2 + n_1, \\ n = 1 + n_1, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 5n - 1. \end{cases} \quad (2)$$

Подставим  $n_1 = n - 1$  в первое уравнение системы (2), и выразим из него  $p_2$ :

$$p_2 = 1 + n - p_5 - p_4, \quad (3)$$

Подставим значение  $p_2$  из (3) в третье уравнение системы (2) и получим:

$$p_4 = (4n - 2 - 3p_5) / 2. \quad (4)$$

Подставим значение  $p_4$  из (4) в (3) и получим:

$$p_2 = (4 - 2n + p_5) / 2. \quad (5)$$

Зададимся значением  $p_2 = 1$ , тогда из (5) получим:

$$2n = 2 + p_5. \quad (6)$$

Подставим  $p_4 = 1$  в (4) и получим:

$$4n = 4 + 3p_5. \quad (7)$$

Система из уравнений (6) и (7) не имеет решений.

Таким образом, при  $\tau = 2$  и условии, что  $p_5 \neq 0$ ,  $p_4 \neq 0$ ,  $p_2 \neq 0$  система (2) не имеет решений.

Начнем поиск структур механизмов третьего подсемейства, при условии  $\tau = 3$ . Система уравнений (1) в этом случае примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_2 + n_1, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 5n - 1. \end{cases} \quad (8)$$

Из третьего уравнения системы (8) выразим  $n$ :

$$n = \frac{(4p_5 + 3p_4 + p_2) + 1}{5}. \quad (9)$$

Из (9) следует, что однозвенных механизмов в этом подсемействе не существует.

Работоспособные структуры механизмов возможны, если скобка  $(4p_5 + 3p_4 + p_2)$  согласно (9), при  $n = 2, 3, 4, 5$  и т.д. будет принимать значения, соответственно, из ряда 9, 14, 19, 24 и т.д. через 5.

Выразим из второго уравнения системы (8)  $n_1$ :

$$n_1 = n - n_2 - 1, \quad (10)$$

и подставив его в первое уравнение системы (8), получим

$$p_5 + p_4 + p_2 = 2 + n + n_2. \quad (11)$$

Тогда для  $\tau = 3$  получим исходную систему:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 2 + n + n_2, \\ n_1 = n - n_2 - 1, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 5n - 1. \end{cases} \quad (12)$$

Для случая  $n = 3$  по (10):  $n_1 = 2 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 5 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 5 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 14. \end{cases} \quad (13)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 2$ ,  $p_5 + p_4 + p_2 = 5$ .

Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 5, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 14. \end{cases} \quad (14)$$

Из первого уравнения системы (14):  $p_2 = 5 - p_5 - p_4$ , тогда из второго уравнения системы (14):  $p_4 = (9 - 3p_5)/2$ .

Система (14) имеет единственное решение:

$$n = 3, n_1 = 2, n_2 = 0, p_5 = 1, p_4 = 3, p_2 = 1. \quad (I)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 1, p_5 + p_4 + p_2 = 6$ .

Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 6, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 14. \end{cases} \quad (15)$$

Из первого уравнения системы (15):  $p_2 = 6 - p_5 - p_4$ , тогда из второго уравнения системы (15):  $p_4 = (8 - 3p_5) / 2$ .

Система (15) имеет единственное решение:

$$n = 3, n_1 = 1, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 1, p_2 = 3. \quad (II)$$

Для случая  $n = 4$  по (10)  $n_1 = 3 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 6 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 6 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (16)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 6$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 6, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (17)$$

Система (17) имеет единственное решение:

$$n = 4, n_1 = 3, n_2 = 0, p_5 = 3, p_4 = 2, p_2 = 1. \quad (III)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 7$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 7, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (18)$$

Система (18) имеет единственное решение:

$$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 3, p_2 = 2. \quad (IV)$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 8$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 8, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (19)$$

Система (19) имеет единственное решение:

$$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 4, p_2 = 3. \quad (V)$$

Для случая  $n = 5$  по (10)  $n_1 = 4 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 7 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 7 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (20)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 4$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 7$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 7, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (21)$$

Система (21) имеет единственное решение:

$$n = 5, n_1 = 4, n_2 = 0, p_5 = 5, p_4 = 1, p_2 = 1. \quad (VI)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 8$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 8, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (22)$$

Система (22) имеет два решения:

$$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 5, p_2 = 1. \quad (\text{VII})$$

$$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 4, p_4 = 2, p_2 = 2. \quad (\text{VIII})$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 9$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 9, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (23)$$

Система (23) имеет два решения:

$$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 6, p_2 = 2. \quad (\text{IX})$$

$$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 3, p_4 = 3, p_2 = 3. \quad (\text{X})$$

Задаваясь  $n_2 = 3$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 10$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 10, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (24)$$

Система (24) имеет единственное решение:

$$n = 5, n_1 = 1, n_2 = 3, p_5 = 4, p_4 = 1, p_2 = 5. \quad (\text{XI})$$

Для случая  $n = 6$  по (10)  $n_1 = 5 - n_2$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 8 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 8 + n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (25)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 5$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 8$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 8, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (26)$$

Система (26) не имеет решений.

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 4$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 9$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 9, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (27)$$

Система (27) имеет два решения:

$$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 4, p_4 = 4, p_2 = 1. \quad (\text{XII})$$

$$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 6, p_4 = 1, p_2 = 2. \quad (\text{XIII})$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 10$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 10, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (28)$$

Система (28) имеет три решения:

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 8, p_2 = 1. \quad (\text{XIV})$$

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 3, p_4 = 5, p_2 = 2. \quad (\text{XV})$$

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 5, p_4 = 2, p_2 = 3. \quad (\text{XVI})$$

Задаваясь  $n_2 = 3$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 11$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 11, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (29)$$

Система (29) имеет два решения:

$$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 2, p_4 = 6, p_2 = 3. \quad (\text{XVII})$$

$$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 4, p_4 = 3, p_2 = 4. \quad (\text{XVIII})$$

Задавая  $n_2 = 4$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_4 + p_2 = 12$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 12, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (\text{30})$$

Система (30) имеет три решения:

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 1, p_4 = 7, p_2 = 4. \quad (\text{XIX})$$

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 3, p_4 = 4, p_2 = 5. \quad (\text{XX})$$

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 5, p_4 = 1, p_2 = 6. \quad (\text{XXI})$$

Сведем полученные решения в таблицу 1.

**Таблица 1** – Полный состав решений для третьего подсемейства первого семейства механизмов при  $\tau = 3$  и числе подвижных звеньев от 3 до 6

Число подвижных звеньев $n$	Решения, описывающие организацию механизмов из $n_i$ и $p_k$
3	$n = 3, n_1 = 2, n_2 = 0, p_5 = 1, p_4 = 3, p_2 = 1.$
3	$n = 3, n_1 = 1, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 1, p_2 = 3.$
4	$n = 4, n_1 = 3, n_2 = 0, p_5 = 3, p_4 = 2, p_2 = 1.$
4	$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 3, p_2 = 2.$
4	$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 4, p_2 = 3.$
5	$n = 5, n_1 = 4, n_2 = 0, p_5 = 5, p_4 = 1, p_2 = 1.$
5	$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 2, p_4 = 5, p_2 = 1.$
5	$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 4, p_4 = 2, p_2 = 2.$
5	$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 6, p_2 = 2.$
5	$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 3, p_4 = 3, p_2 = 3.$
5	$n = 5, n_1 = 1, n_2 = 3, p_5 = 4, p_4 = 1, p_2 = 5.$
6	$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 4, p_4 = 4, p_2 = 1.$
6	$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 6, p_4 = 1, p_2 = 2.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 1, p_4 = 8, p_2 = 1.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 3, p_4 = 5, p_2 = 2.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 5, p_4 = 2, p_2 = 3.$
6	$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 2, p_4 = 6, p_2 = 3.$
6	$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 4, p_4 = 3, p_2 = 4.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 1, p_4 = 7, p_2 = 4.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 3, p_4 = 4, p_2 = 5.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 5, p_4 = 1, p_2 = 6.$

Аналогично могут быть найдены структуры механизмов третьего подсемейства первого семейства для других значений  $\tau$  и  $n$ .

Используя данные таблицы 1 можно найти все без исключения структурные схемы механизмов третьего подсемейства первого семейства при заданных параметрах.

**Список литературы:**

1. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. – № 21. – С. 4–37.

**СИНТЕЗ СТРУКТУР МЕХАНИЗМОВ  
ПЯТОГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА**



**SYNTHESIS OF STRUCTURES OF MECHANISMS OF  
THE FIFTH SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY**

**Вовкотруб В.В.**

кандидат технических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены основы структурного синтеза механизмов пятого подсемейства первого семейства. Найден полный состав решений для данного подсемейства при сложности базисного звена цепи равной трем, подвижности механизмов равной единице и числе подвижных звеньев от трех до шести. Полученные решения позволяют найти все без исключения структурные схемы механизмов пятого подсемейства первого семейства при заданных параметрах.

**Ключевые слова:** механизмы пятого подсемейства первого семейства, синтез структуры механизма, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

**Vovkotrub V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the basics of structural synthesis of mechanisms of the fifth subfamily of the first family. The complete set of solutions for this subfamily was found with the complexity of the basic link of the chain equal to three, the mobility of mechanisms equal to one and the number of moving links from three to six. The solutions obtained make it possible to find all, without exception, structural diagrams of the mechanisms of the fifth subfamily of the first family for the given parameters.

**Keywords:** mechanisms of the fifth subfamily of the first family, synthesis of the structure of the mechanism, mobility, basic link of the chain, kinematic pair.

Полный системный синтез структур механизмов пятого подсемейства первого семейства возможен при разделении их на виды в зависимости от сложности базисного звена и при учете всего многообразия кинематических пар второго, третьего и пятого классов.

Используя для этих целей совместно универсальную структурную систему [1] и структурную формулу механизмов, получим исходную систему уравнений:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + \dots + n_i + \dots + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_{(\tau-1)} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1, \\ W_{1(5)} = 5n - 4p_5 - 2p_3 - p_2, \end{cases} \quad (1)$$

где  $W_{1(5)}$  – подвижность механизмов пятого подсемейства первого семейства ( $W_{1(5)} = 1$ );

$n$  – общее число подвижных звеньев;

$\tau$  – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи;

$n_i$  – число звеньев, добавляющих в цепь по  $i$  кинематических пар;

$p$  – общее число кинематических пар цепи,  $p = p_5 + p_3 + p_2$ ,

$p_5$  – число пар V класса,

$p_3$  – число пар III класса,

$p_2$  – число пар II класса.

Система уравнений (1) позволяет находить все возможные структуры механизмов пятого подсемейства первого семейства по двум задаваемым независимым параметрам:  $\tau$ ,  $W$ . Решение системы сводится к отысканию параметров  $p_5$ ,  $p_3$ ,  $p_2$  и  $n_i$ .

Для пятого подсемейства:  $p_5 \neq 0$ ,  $p_3 \neq 0$ ,  $p_2 \neq 0$ .

При  $\tau = 1$  система (1) не может иметь решений, т.к. минимальное число кинематических пар  $p = p_5 + p_4 + p_2$  должно быть равным 3.

При  $\tau = 2$  получим систему:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 2 + n_1, \\ n = 1 + n_1, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 5n - 1. \end{cases} \quad (2)$$

Подставим  $n_1 = n - 1$  в первое уравнение системы (2), и выразим из него  $p_2$ :

$$p_2 = 1 + n - p_5 - p_3, \quad (3)$$

Подставим значение  $p_2$  из (3) в третье уравнение системы (2) и получим:

$$p_3 = 4n - 2 - 3p_5. \quad (4)$$

Подставим значение  $p_3$  из (4) в (3) и получим:

$$p_2 = 3 - 3n + 2p_5. \quad (5)$$

Зададимся значением  $p_2 = 1$ , тогда из (5) получим:

$$3n = 2 + 2p_5. \quad (6)$$

Подставим  $p_3 = 1$  в (4) и получим:

$$4n = 3 + 3p_5. \quad (7)$$

Система из уравнений (6) и (7) не имеет решений.

Таким образом, при  $\tau = 2$  и условии, что  $p_5 \neq 0$ ,  $p_3 \neq 0$ ,  $p_2 \neq 0$  система (2) не имеет решений.

Начнем поиск структур механизмов пятого подсемейства, при условии  $\tau = 3$ . Система уравнений (1) в этом случае примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_2 + n_1, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 5n - 1. \end{cases} \quad (8)$$

Из третьего уравнения системы (8) выразим  $n$ :

$$n = \frac{(4p_5 + 2p_3 + p_2) + 1}{5}. \quad (9)$$

Из (9) следует, что однозвенных механизмов в этом подсемействе не существует.

Работоспособные структуры механизмов возможны, если скобка  $(4p_5 + 2p_3 + p_2)$  согласно (9), при  $n = 2, 3, 4, 5$  и т.д. будет принимать значения, соответственно, из ряда 9, 14, 19, 24 и т.д. через 5.

Выразим из второго уравнения системы (8)  $n_1$ :

$$n_1 = n - n_2 - 1, \quad (10)$$

и подставив его в первое уравнение системы (8), получим

$$p_5 + p_3 + p_2 = 2 + n + n_2. \quad (11)$$

Тогда для  $\tau = 3$  получим исходную систему:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 2 + n + n_2, \\ n_1 = n - n_2 - 1, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 5n - 1. \end{cases} \quad (12)$$

Для случая  $n = 3$  по (10):  $n_1 = 2 - n_2$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 5 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 5 + n_2, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 14. \end{cases} \quad (13)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 2$ ,  $p_5 + p_3 + p_2 = 5$ .

Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 5, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 14. \end{cases} \quad (14)$$

Из первого уравнения системы (14):  $p_2 = 5 - p_5 - p_3$ , тогда из второго уравнения системы (14):  $p_3 = 9 - 3p_5$ .

Система (14) не имеет решений.

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 1$ ,  $p_5 + p_3 + p_2 = 6$ .

Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 6, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 14. \end{cases} \quad (15)$$

Из первого уравнения системы (15):  $p_2 = 6 - p_5 - p_3$ , тогда из второго уравнения системы (15):  $p_4 = 8 - 3p_5$ .

Система (15) имеет единственное решение:

$$n = 3, n_1 = 1, n_2 = 1, p_5 = 2, p_3 = 2, p_2 = 2. \quad (I)$$

Для случая  $n = 4$  по (10)  $n_1 = 3 - n_2$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 6 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 6 + n_2, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (16)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 6$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 6, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (17)$$

Система (17) имеет единственное решение:

$$n = 4, n_1 = 3, n_2 = 0, p_5 = 4, p_3 = 1, p_2 = 1. \quad (II)$$

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 7$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 7, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (18)$$

Система (18) имеет единственное решение:

$$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 3, p_3 = 3, p_2 = 1. \quad (III)$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 8$ .

Тогда система (16) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 8, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 19. \end{cases} \quad (19)$$

Система (19) имеет два решения:

$$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 3, p_3 = 2, p_2 = 3. \quad (IV)$$

$$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 2, p_3 = 5, p_2 = 1. \quad (V)$$

Для случая  $n = 5$  по (10)  $n_1 = 4 - n_2$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 7 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 7 + n_2, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (20)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 4$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 7$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 7, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (21)$$

Система (21) не имеет решений.

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 8$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 8, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (22)$$



Система (22) имеет единственное решение:

$$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 5, p_3 = 1, p_2 = 2. \quad (VI)$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 9$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 9, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (23)$$

Система (23) имеет единственное решение:

$$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 4, p_3 = 3, p_2 = 2. \quad (VII)$$

Задаваясь  $n_2 = 3$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 10$ .

Тогда система (20) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 10, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 24. \end{cases} \quad (24)$$

Система (24) имеет единственное решение:

$$n = 5, n_1 = 1, n_2 = 3, p_5 = 3, p_3 = 5, p_2 = 2. \quad (VIII)$$

Для случая  $n = 6$  по (10)  $n_1 = 5 - n_2$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 8 + n_2$ .

Тогда система (12) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 8 + n_2, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (25)$$

Задаваясь  $n_2 = 0$ , получим  $n_1 = 5$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 8$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 8, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (26)$$

Система (26) не имеет решений.

Задаваясь  $n_2 = 1$ , получим  $n_1 = 4$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 9$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 9, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (27)$$

Система (27) имеет единственное решение:

$$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 6, p_4 = 2, p_2 = 1. \quad (IX)$$

Задаваясь  $n_2 = 2$ , получим  $n_1 = 3$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 10$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 10, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (28)$$

Система (28) имеет единственное решение:

$$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 5, p_3 = 4, p_2 = 1. \quad (X)$$

Задаваясь  $n_2 = 3$ , получим  $n_1 = 2$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 11$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 11, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (29)$$

Система (29) имеет два решения:

$$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 4, p_3 = 6, p_2 = 1. \quad (XI)$$

$$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 5, p_3 = 3, p_2 = 3. \quad (XII)$$

Задаваясь  $n_2 = 4$ , получим  $n_1 = 1$ , а  $p_5 + p_3 + p_2 = 12$ .

Тогда система (25) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 12, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 29. \end{cases} \quad (30)$$

Система (30) имеет три решения:

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 3, p_3 = 8, p_2 = 1. \quad (\text{XIII})$$

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 4, p_3 = 5, p_2 = 3. \quad (\text{XIV})$$

$$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 5, p_3 = 2, p_2 = 5. \quad (\text{XV})$$

Сведем полученные решения в таблицу 1.

**Таблица 1** – Полный состав решений для пятого подсемейства первого семейства механизмов при  $\tau = 3$  и числе подвижных звеньев от 3 до 6

Число подвижных звеньев $n$	Решения, описывающие организацию механизмов из $n$ и $p_k$
3	$n = 3, n_1 = 1, n_2 = 1, p_5 = 2, p_3 = 2, p_2 = 2.$
4	$n = 4, n_1 = 3, n_2 = 0, p_5 = 4, p_3 = 1, p_2 = 1.$
4	$n = 4, n_1 = 2, n_2 = 1, p_5 = 3, p_3 = 3, p_2 = 1.$
4	$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 3, p_3 = 2, p_2 = 3.$
4	$n = 4, n_1 = 1, n_2 = 2, p_5 = 2, p_3 = 5, p_2 = 1.$
5	$n = 5, n_1 = 3, n_2 = 1, p_5 = 5, p_3 = 1, p_2 = 2.$
5	$n = 5, n_1 = 2, n_2 = 2, p_5 = 4, p_3 = 3, p_2 = 2.$
5	$n = 5, n_1 = 1, n_2 = 3, p_5 = 3, p_3 = 5, p_2 = 2.$
6	$n = 6, n_1 = 4, n_2 = 1, p_5 = 6, p_4 = 2, p_2 = 1.$
6	$n = 6, n_1 = 3, n_2 = 2, p_5 = 5, p_3 = 4, p_2 = 1.$
6	$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 4, p_3 = 6, p_2 = 1.$
6	$n = 6, n_1 = 2, n_2 = 3, p_5 = 5, p_3 = 3, p_2 = 3.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 3, p_3 = 8, p_2 = 1.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 4, p_3 = 5, p_2 = 3.$
6	$n = 6, n_1 = 1, n_2 = 4, p_5 = 5, p_3 = 2, p_2 = 5.$

Аналогично могут быть найдены структуры механизмов пятого подсемейства первого семейства для других значений  $\tau$  и  $n$ .

Используя данные таблицы 1 можно найти все без исключения структурные схемы механизмов пятого подсемейства первого семейства при заданных параметрах.

**Список литературы:**

1. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. – № 21. – С. 4–37.

УДК 519.816

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ  
В ВОЕННО-ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ**



**USING QUEUING THEORY IN MILITARY-APPLIED TASKS**

**Головнина Н.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
n.v.p.2006@mail.ru

**Черный Р.Р.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
fobos2002@mail.ru

**Аннотация.** В статье приводятся основные понятия и сведения, необходимые для анализа и оценки деятельности систем массового обслуживания, содержатся сведения о математических методах, составляющих основу моделирования систем массового обслуживания. Рассмотрены задачи, возникающие в военном деле, требующие применения математических методов теории массового обслуживания.

**Ключевые слова:** теория массового обслуживания, поток заявок, каналы обслуживания.

**Golovkina N.V.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
n.v.p.2006@mail.ru

**Chernyy R.R.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
fobos2002@mail.ru

**Annotation.** The article provides the basic concepts and information necessary for the analysis and assessment of the activities of queuing systems, contains information about the mathematical methods that form the basis for modeling queuing systems. The problems arising in military affairs, requiring the use of mathematical methods of the theory of queuing, are considered.

**Keywords:** queuing theory, order flow, service channels.

**Т**еория массового обслуживания представляет собой специфический прикладной раздел теории вероятностей, изучающих функционирование систем массового обслуживания.

Сущность системы массового обслуживания состоит в том, что она имеет несколько однотипных каналов (приборов, устройств, линий), выполняющих одинаковые по характеру функции. Назначение этих каналов состоит в выполнении (обслуживании) поступающих заявок (требований), при этом заявка, поступающая в систему, может обслуживаться любым каналом, если этот канал свободен, то есть, если он не занят обслуживанием другой аналогичной заявки [1].

Изучение функционирования системы массового обслуживания состоит в выявлении условий, при которых обслуживание поступающих заявок будет наилучшим. В связи с этим теория массового обслуживания решает следующие основные вопросы:

- при каких условиях система не сможет обслужить поступающие заявки (будет «отказ» в обслуживании);
- какое количество каналов необходимо для обеспечения обслуживания поступающих заявок.

Функционирования системы массового обслуживания зависит от следующих основных факторов:

- числа каналов системы;
- времени обслуживания одной заявки;
- частоты и порядка поступления заявок.

Заявки в систему массового обслуживания поступают не все одновременно, а в различные моменты времени. Поэтому в теории массового обслуживания говорят о потоке заявок. Потоки заявок могут быть регулярными и случайными. Регулярным называют такой поток, при котором заявки поступают в строгой последовательности одна за другой.

Функционирование системы, обслуживающий регулярный поток, всегда может быть организовано так, что будут обслуживаться все заявки. Анализ ее функционирования не требует применения положения теории вероятностей. Поэтому регулярные потоки и системы, их обслуживающие, не рассматриваются в теории массового обслуживания [2].

Случайным называют такой поток, при котором заявки поступают в случайные моменты времени. В системе, обслуживающей случайный поток заявок, с определенной вероятностью обслуживанием заявок может быть занято различное число каналов, в том числе могут быть заняты все каналы, и вновь поступившая заявка получит «отказ» в обслуживании.

Изучение функционирования систем, обслуживающих случайные потоки, требует применения положений теории вероятности. Эти системы являются предметом рассмотрения в теории массового обслуживания. На практике используются самые разнообразные системы массового обслуживания: телефонные станции, транспортные системы, автоматизированные производственные участки, телекоммуникационные и вычислительные сети, предприятия связи и снабжения. В военной области системы противовоздушной или противоракетной обороны также могут рассматриваться как своеобразные СМО.

Эти системы различны по назначению и характеру выполняемых ими функций, но одинаковы по характеру функционирования, которое может быть описано одними и теми же математическими зависимостями.

Системы массового обслуживания подразделяются на две группы:

- системы с отказами;
- системы с ожиданием.

Если в системе с отказами заняты все каналы и в нее поступает новая заявка, то эта заявка не выполняется и в последующем утрачивается, то есть, не ожидает момента, когда освободится один из каналов [3].

Другим свойством обладают системы с ожиданием. Если у такой системы будут заняты все каналы и поступит новая заявка, то эта заявка не утрачивается, она ожидает момента освобождения одного из каналов системы и после этого обслуживается.

Последние системы, в свою очередь, подразделяются на два типа:

- системы с упорядоченным обслуживанием заявок, у которых каналы, ждущие заявки, обслуживаются в определенном порядке в зависимости от моментов и условий их появления;
- системы с неупорядоченным обслуживанием заявок, у которых каналы, ждущие заявки, обслуживаются в случайном порядке.

Могут быть еще и смешанные системы, в которых заявки в ожидании обслуживания находятся в определенное время, и, если в течение этого времени не будут обслужены, утрачиваются. К подобным системам можно отнести, например, зенитные комплексы, обороняющие заданный объект. Если все каналы комплекса будут заняты (ведут огонь по самолетам противника), то вновь появившийся самолет находится в «ожидании обслуживания» в течение времени пролета им зоны огня комплекса.

При выходе из этой зоны «заявка» на его «обслуживание» утрачивается. Наиболее простыми и часто встречающимися на практике являются системы с отказами. Их необходимо изучить более подробно. Кроме того, разобраться в других сведениях по некоторым другим системам массового обслуживания. Следует охарактеризовать такие важные для функционирования систем факторы, как поток заявок и время обслуживания одной заявки.

Заявку на обслуживание можно представить как событие. Поэтому часто вместо потока заявок говорят о потоке событий. В теории массового обслуживания рассматриваются только случайные потоки событий. Случайные потоки событий могут быть различными по внутренней структуре. В теории массового обслуживания чаще всего рассматриваются простейшие пуассоновские потоки событий, которые весьма распространены на практике [4].

Характерными особенностями простейшего потока событий являются следующие:

- стационарность;
- ординарность;
- отсутствие последствия.

Под стационарностью понимают свойство потока, состоящего в том, что вероятность появления того или иного числа событий в течение некоторого интервала времени  $t$  зависит только от протяженности этого интервала и не зависит от того, где расположен интервал на оси времени.

Под ординарностью понимают свойство потока, состоящее в том, что практически два и более события не могут произойти одновременно. Отсутствием последствия называют свойство потока, состоящее в том, что моменты наступления событий независимы друг от друга. Перечисленные особенности простейшего потока событий соответствуют условиям, когда имеет место распределение Пуассона. Поэтому число заявок, поступающих за интервал времени  $t$ , будет подчинено распределению Пуассона. А это означает, что вероятность того, что за интервал времени  $t$  появится ровно  $m$  заявок, будет определяться по формуле:

$$\rho_m = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t},$$

где  $\lambda$  – среднее число заявок, поступающих за единицу времени.

Величину  $\lambda$  потока часто называют параметром потока или плотностью потока.

Покажем, как определяются некоторые вероятности для простейшего потока, которые достаточно часто необходимы при характеристике систем массового обслуживания.

Вероятность того, что за интервал времени  $t$  не поступит ни одной заявки (т.е. вероятность того, что число заявок  $m = 0$ ), будет равна:

$$\rho_0 = \frac{(\lambda t)^0}{0!} e^{-\lambda t}, \text{ окончательно } \rho_0 = e^{-\lambda t}$$

Вероятность того, что за интервал времени  $t$  поступит не менее одной заявки как вероятность событий, противоположного предыдущему, определится следующим образом:

$$P_1 = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Если интервал времени  $t = \Delta t$  будет мал (т.е.  $\Delta t \rightarrow 0$ ), то, имея в виду, что  $e^{-x} = 1 - \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} - \dots$  с точностью до малых второго порядка, эти вероятности определяются:

– вероятность того, что за интервал времени  $\Delta t$  не поступит ни одной заявки:

$$P_0 = 1 - \lambda \Delta t;$$

– вероятность того, что за интервал времени  $\Delta t$  появится не менее одной заявки:

$$P_1 = 1 - P_0 = \lambda \Delta t.$$

Для этих условий вероятность того, что за интервал времени  $\Delta t$  появится ровно одна заявка, определится формулой:

$$\rho_1 = \frac{\lambda \Delta t}{1!} e^{-\lambda \Delta t} = \lambda \Delta t (1 - \lambda \Delta t + \dots)$$

или с точностью до малых второго порядка:  $\rho_1 = \lambda \Delta t$ .

Таким образом, при  $\Delta t \rightarrow 0$  вероятность появления за это время ровно одной заявке равна вероятности появления не менее одной заявки. Следовательно, вероятность появления за время  $\Delta t$  двух и более заявок практически равна нулю, что соответствует сформулированному ранее свойству ординарности потока [5].

В военно-прикладных задачах встречается немало систем, относящихся к системам массового обслуживания. Например, посадочная система аэродрома должна обеспечить посадку прилетающих самолетов, которые могут появляться в случайные моменты времени. Функционирование этой системы как системы массового обслуживания не требует дополнительных пояснений.

Можно рассмотреть систему противовоздушной обороны, включающую ряд установок зенитных ракет. Назначение системы – не пропустить к объекту самолеты противника. «Каналами» системы являются установки зенитных ракет, «заявками» – самолеты противника, «обслуживанием заявок» – обстрел самолетов противника. Основная характеристика системы – вероятность того, что все самолеты противника будут обстреляны.

В аналогичном примере «каналами» рассматриваются самолеты. Истребители-бомбардировщики действуют по вызову из положения дежурства на аэродроме по вновь обнаруженным целям. Назначение системы – поразить все появившиеся цели. «Каналами» системы являются самолеты, «заявками» – появившиеся цели, «обслужи-

вание заявок» состоит в воздействии истребителей-бомбардировщиков на цели. Основная характеристика системы – вероятность того, что основные важные цели будут подвергнуты воздействию (или среднее число целей, которое может быть подвергнуто воздействию) [6].

Приведенные примеры показывают, что теория массового обслуживания может широко применяться для решения различных задач оценки эффективности боевых действий или эффективности применения различной боевой техники.

#### Список литературы:

1. Карташевский В.Г. Основы теории массового обслуживания. Учебник для вузов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2013. – 130 с.
2. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
3. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С.101–108.
4. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
5. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – 190 с.
7. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А.Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
9. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. Фракталы и их применение // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – 2020. – С. 130–134.
10. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В.Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
11. Малыхина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 199–203.

**МЕЗОСКОПИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПЛОТНОГО ПЕШЕХОДНОГО ПОТОКА**



**MESOSCOPIC MODELING OF DENSE PEDESTRIAN FLOW**

**Наумова Н.А.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
nataly\_naumova@mail.ru

**Голубев Д.И.**

студент ФМиКН,  
Кубанский государственный технологический университет  
dg20032000@mail.ru

**Кравченко В.С.**

студент ФМиКН,  
Кубанский государственный технологический университет  
dg20032000@mail.ru

**Аннотация.** Моделирование пешеходных потоков является актуальным направлением исследования, так как позволяет сделать более безопасными эксплуатацию транспортных средств, а также зданий и сооружений, как в повседневной жизни, так и в случае чрезвычайных ситуаций. Целью работы является разработка аналитической математической модели плотного пешеходного потока, позволяющей при минимальном количестве исходных данных предсказывать параметры потока при сформированном движении в определенном направлении. Плотный поток пешеходов аппроксимирован с помощью специального закона Эрланга. Определен аналитический метод расчета среднего числа пешеходов, прибывающих к фиксированной целевой точке. Разработана программа ЭВМ.

**Ключевые слова:** пешеходный поток, математическая модель, случайный процесс, организация движения.

**Naumova N.A.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
nataly\_naumova@mail.ru

**Golubev D.I.**

Student,  
Kuban State Technological University  
dg20032000@mail.ru

**Kravchenko V.S.**

Student,  
Kuban State Technological University  
dg20032000@mail.ru

**Annotation.** Modeling pedestrian flows is a topical area of research, as it makes it possible to make the operation of vehicles, as well as buildings and structures, safer, both in everyday life and in case of emergencies. The aim of the work is to develop an analytical mathematical model of dense pedestrian traffic, which allows predicting the flow parameters with a formed movement in a certain direction with a minimum amount of initial data. Dense pedestrian traffic is approximated using a special Erlang law. An analytical method for calculating the average number of pedestrians arriving at a fixed target point has been determined. A computer program has been developed.

**Keywords:** pedestrian flow, mathematical model, stochastic process, traffic organization.

**Введение.** Моделирование пешеходных потоков является актуальным направлением исследования. Заинтересованность этой проблемой возникла относительно недавно (конец 80-х – начало 90-х), но уже существуют большое количество моделей, позволяющих решать отдельные типы практических задач. Моделированное пешеходных потоков позволяет сделать более безопасными эксплуатацию транспортных средств, а также зданий и сооружений, как в повседневной жизни, так и в случае чрезвычайных ситуаций. Основной проблемой при создании модели пешеходных потоков – сложность воссоздания правдоподобного поведения потока людей. Основной проблемой при создании модели пешеходных потоков – сложность воссоздания правдоподобного поведения потока людей. Так же для более точной модели требуются определенный набор исходных данных. Чем их больше, тем точнее должна быть модель. Однако при этом возрастает и сложность моделирования. Кроме того, сбор таких данных сам по себе является трудной задачей. А погрешности при обработке слишком большого количества исходных данных заметно снижают адекватность модели. Поэтому для каждого типа решаемых задач следует использовать свой метод моделирования с оптимальным набором исходных данных.

Целью данной работы является разработка аналитической математической модели плотного пешеходного потока, позволяющей при минимальном количестве исходных данных предсказывать параметры потока при сформировавшемся движении в определенном направлении.

#### 1. Методы моделирования пешеходных потоков

Классически по уровню детализации модели пешеходных потоков разделяют следующим образом:

- микроскопические, которые учитывают поведение каждого пешехода отдельно;
- мезоскопические, учитывающие поведение отдельного пешехода, но с целью определения характеристик потока или его закона распределения;
- макроскопические, которые описывают поток в терминах скорости, плотности, без учета поведения отдельных индивидуумов [4, с. 9–22].

Наиболее распространенными в настоящее время являются следующие: модель магнитных сил, клеточные автоматы, газо-кинетическая модель, модель социальных сил [3, с. 4282–4286].

Мезоскопический подход при моделировании пешеходных потоков позволяет имитировать динамику потока на «среднем» уровне (деление уровней в транспортном моделировании довольно условное). В настоящее время выделяют четыре вида мезомоделей:

- модели распределения интервалов движения;
- кластерные модели;
- кинетические модели;
- кинетические волновые модели.

Мезоскопические модели распределенных интервалов оценивают разницу времени прохождения между двумя пешеходами определенной точки плоскости. В модели предполагается, что интервалы являются независимыми и одинаково распределенными случайными величинами. Сущность подхода заключается в описании распределения интервалов между отдельными пешеходами (объектами), при этом не прибегая к описанию отдельно взятых пешеходов. Этот тип моделирования удобно применять в случае сформировавшегося движения плотных пешеходных потоков к определенной цели (например, к пешеходному переходу, выходу из мест проведения массовых мероприятий).

#### 2. Мезоскопическое моделирование плотного пешеходного потока

Для моделирования пешеходного потока как случайного потока событий использовались методы теории восстановления. Случайное событие – это прибытие отдельного пешехода в точку пространства с фиксированной координатой по оси направления движения. Предполагаем, что поток уже сформировался и движется в определенном направлении. Математически пешеходный поток в рассматриваемом случае можно представить как поток Пальма. Описывать поток пешеходов, как случайный поток событий, используя нормальный закон распределения, затруднительно и нецелесообразно. Но тут нам может помочь закон Эрланга [1, с. 173–176]. Данный закон близок к нормальному и подходит плотным потокам событий при  $k \geq 5$ .

Плотность распределения специального закона Эрланга (или просто «закон Эрланга») имеет вид:

$$f^{(k)}(t) = \lambda(\lambda t)^{k-1} e^{-\lambda t} / (k-1)!, \quad (t > 0). \quad (1)$$

где  $\lambda$  и  $k$  – параметры распределения.

Изображение функции распределения временных интервалов в случае распределения Эрланга задается формулой:

$$f^*(s) = \lambda^k / (\lambda + s)^k. \quad (2)$$

Изображение функции восстановления  $H(t) = M(N_t)$ , определяющей при моделировании плотного пешеходного потока математическое ожидание числа событий, произошедших за время  $t$ , следующее:

$$H^*(s) = \lambda^k / s((\lambda + s)^k - \lambda^k). \quad (3)$$



Согласно проведенным исследованиям, плотные пешеходные потоки хорошо аппроксимируются законом Эрланга порядка не ниже пятого. Точный аналитический вид функции восстановления  $H(t)$  нами получен [5, с. 6560–6567] для значения параметра  $k = 6$ :

$$H(t) = \frac{\lambda}{6}t - \frac{5}{12} + \frac{1}{12}e^{-2\lambda t} + \frac{1}{6}e^{\lambda\left(-\frac{1}{2}\right)t} \cdot \left[ \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda t\right) + \sqrt{3}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda t\right) \right] + \frac{1}{18}e^{\lambda\left(-\frac{3}{2}\right)t} \cdot \left[ 3\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda t\right) + \sqrt{3}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda t\right) \right] \quad (4)$$

Формула (4) определяет среднее число пешеходов, прибывших к фиксированной целевой точке за время  $t$  секунд. В зависимости от решаемой задачи, в качестве фиксированной точки рассматривается эвакуационный выход или пешеходный переход.

Если перед фиксированной целевой точкой сливаются несколько пешеходных потоков, то согласно теории восстановления [2, с. 33–60] справедливо соотношение:

$$H(t) = \sum_{i=1}^s H_i(t), \quad (5)$$

где  $s$  – количество объединяемых процессов,  
 $H_i(t)$  – функция восстановления каждого из них.

С учетом формулы (4), получаем соотношение:

$$H(t) = \sum_{i=1}^s H_i(t) = \sum_{i=1}^s \left[ \frac{\lambda_i}{6}t - \frac{5}{12} + \frac{1}{12}e^{-2\lambda_i t} + \frac{1}{6}e^{\lambda_i\left(-\frac{1}{2}\right)t} \cdot \left[ \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda_i t\right) + \sqrt{3}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda_i t\right) \right] + \frac{1}{18}e^{\lambda_i\left(-\frac{3}{2}\right)t} \cdot \left[ 3\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda_i t\right) + \sqrt{3}\sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\lambda_i t\right) \right] \right] \quad (6)$$

где  $\lambda_i$  – параметр Эрланга для  $i$ -го объединяемого потока.

Для автоматизированного определения среднего числа пешеходов, прибывших к фиксированной целевой точке за время  $t$  секунд, разработана программа на языке Delphi (рис. 1).

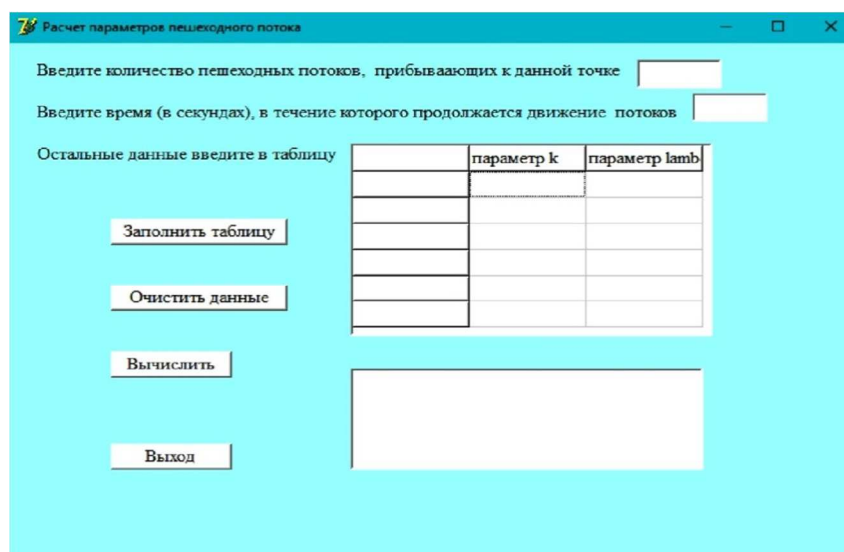


Рисунок 1 – Программа для расчетов параметров пешеходного потока

**Заключение.** Математическое моделирование пешеходных потоков имеет важное практическое значение. Существуют разнообразные методы их моделирования, но проведенный анализ показал, что для управления пешеходными потоками в режиме реального времени наиболее подходят мезоскопические модели, основанные на аналитических методах расчетов. Разработанная модель может применяться в интеллектуальных транспортных системах для эффективной автоматизированной организации дорожного движения.

**Список литературы:**

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 2000. – 480 с.
2. Cox D.R., Smith W.L. Queues. – London : Methuen, 1961. – 150 p.
3. Helbing D., Molnar P. Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*. – 1995. – № 51 (5). – P. 4282–4286.
4. Johansson F. Microscopic Modelling and Simulation of Pedestrian Traffic. Linköping University Department of Science and Technology // Linköping. – Sweden, 2013. – 119 p.
5. Naumova N.A. Determination of parameters of high density pedestrian flow upon formed traffic in certain direction // *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. – India, 2020. – № 8 (9). – P. 6560–6567.

УДК 663.938

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ  
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БАТОНЧИКОВ**



**IMITATION MODELING OF THE DEVELOPMENT OF  
MULTICOMPONENT ENERGY BARS**

**Данович Л.М.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
dlm59@mail.ru

**Красина Е.В.**

аспирант,  
Кубанский государственный технологический университет  
ekaterina\_brodov@mail.ru

**Красина И.Б.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
kib@mail.ru

**Аннотация.** Представлены результаты разработки и оценки физико-химических, сенсорных параметров, а также оценки срока годности многокомпонентных батончиков на основе псевдозлаковых культур и мякоти кокоса или вяленой клюквы. Зерновые энергетические батончики имели активность воды ниже 0,6, что свидетельствует об их микробиологической стабильности.

**Ключевые слова:** многокомпонентные батончики, сенсорные параметры, глютен, сенсорная оценка, энергетическая ценность.

**Danovich L.M.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
dlm59@mail.ru

**Krasina E.V.**

Graduate Student,  
Kuban State Technological University  
ekaterina\_brodov@mail.ru

**Krasina I.B.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
kib@mail.ru

**Annotation.** The results of the development and assessment of physicochemical, sensory parameters, as well as the assessment of the shelf life of multicomponent bars based on pseudo-cereal crops and pulp of coconut or dried cranberry are presented. The cereal energy bars had a water activity below 0,6, indicating their microbiological stability.

**Keywords:** multicomponent bars, sensory parameters, gluten, sensory evaluation, energy value.

**В** последние десятилетия растет интерес к продуктам, которые, помимо основного питания, приносят пользу для здоровья. Зерновые батончики были выпущены на рынок как альтернатива для людей, предпочитающих здоровое питание. Эти батончики изначально предназначались для спортсменов, а со временем аудитория потребителей растет и привлекает производителей [1]. Зерновые батончики популярны в качестве портативных продуктов, и их можно употреблять между приемами пищи или вместе с обедом или ужином. Это питательная пища, состоящая из нескольких ингредиентов, включая злаки, фрукты, орехи и углеводы. Некоторые коммерчески доступные зерновые батончики бывают хрустящими, пикантными, с фруктовым и шоколадным вкусом, с начинкой, функциональными, легкими и диетическими.

Многокомпонентные продукты – это продукты, которые по своему составу очень сложны и должны быть правильно объединены, чтобы гарантировать, что ингредиенты дополняют друг друга в отношении вкуса, текстуры и физических свойств, особенно в отношении равновесия активности воды, что в свою очередь влияет на их сохраняемость. Зерновые батончики являются примером таких многокомпонентных продуктов.

В настоящее время в разных странах растет интерес к внедрению киноа. Киноа – это псевдозлак с высоким содержанием белка, липидов, клетчатки, витаминов и минералов, который можно использовать в качестве замены зерновых продуктов в батончиках для спортсменов. Эта культура имеет хороший баланс незаменимых жирных кислот и аминокислот. Киноа также содержит многочисленные фитохимические вещества: фитостеролы, фенольные соединения и биологически активные пептиды.

Амарант классифицируется как злак, выращенный из-за его съедобных крахмалистых семян, но он не из того же семейства, что злаки, такие как пшеница и рис, по-

этому он также, как и киноа относится к псевдозлаковым культурам. Сырое зерно амаранта несъедобно для человека и не может быть переварено, потому что оно блокирует усвоение питательных веществ. Таким образом, он должен быть подготовлен соответствующим образом к использованию в пищевых продуктах. Амарант является хорошим источником ряда витаминов и минералов, необходимых для хорошего здоровья, включая витамины группы В, кальций, железо и цинк.

Использование связующих веществ при производстве энергетических батончиков не производных сахар, например, таких как камедь акации (гуммиарабик) и изомальт становятся альтернативой сахару при производстве батончиков для спортивного питания.

Применение гуммиарабика в пищевой промышленности имеет технологические, пищевые и функциональные свойства. Использование гуммиарабика для зерновых батончиков исключает использование лецитина в их составе благодаря его природным эмульгирующим свойствам.

Растворы изомальта обладают практически такими же свойствами, как и растворы сахара [2], однако они не увеличивают гликемический индекс готового продукта.

В качестве добавок при разработке рецептуры зерновых энергетических батончиков использовали измельченную мякоть кокоса и вяленую клюкву.

Для изучения влияния варьируемых ингредиентов на физико-химические свойства готовых энергетических батончиков для спортсменов использовали методологию поверхностного отклика [3].

Результаты физико-химической характеристики многокомпонентных батончиков со вкусом клюквы и кокоса представлены в таблице.

**Таблица** – Физико-химические характеристики многокомпонентных батончиков со вкусом клюквы и кокоса на влажной основе

Показатели	Образец	
	кокос	клюкwa
Влажность, %	11,23	11,38
Активность воды	0,43	0,58
Зола, %	0,92	0,99
Липиды, %	19,22	17,02
Белки, %	3,02	3,03
Волокна, %	1,06	1,69
Углеводы, %	65,61	67,59
Энергетическая ценность (ккал / 100 г)	447,50	435,66

Средние наблюдаемые значения влажности составляли 11,2 % для батончика со вкусом кокоса и 11,4 % для батончика со вкусом клюквы, без статистической разницы между ними. Первоначальный контроль влажности и миграции влаги важен для гарантии качества и безопасности пищевых продуктов. Активность воды ( $a_w$ ) является эталонным параметром для производства и хранения пищевых продуктов. Многие пищевые продукты в целом готовятся таким образом, чтобы поддерживать промежуточные значения  $a_w$ , от 0,4 до 0,6, и контроль этого параметра важен для предотвращения роста микроорганизмов. Значения активности воды в многокомпонентных батончиках со вкусом кокоса и клюквы составляли 0,43 и 0,58 соответственно. Эти значения ниже 0,6, что указывает на низкий риск размножения микробов или патогенной порчи и длительный срок хранения.

Общее содержание липидов значительно отличалось между образцами и было более высоким в батончиках со вкусом кокоса. Это может быть связано с использованием мякоти кокоса в качестве ингредиента, которая содержит около 4% липидов (влажная основа), тогда как клюкwa имеет среднее содержание липидов менее 1% (влажная основа).

Многокомпонентные батончики обоих вкусов имели одинаковое содержание белка без статистической разницы ( $p > 0,05$ ), что связано с использованием ореха в одинаковых пропорциях для обеих рецептур.

Зерновые батончики со вкусом кокоса и клюквы имели разную энергетическую ценность, причем первые были выше, чем вторые. Это можно объяснить более высо-

ким содержанием липидов в мякоти кокоса по сравнению с клюквой. В результате многокомпонентные батончики, разработанные в настоящем исследовании, можно классифицировать как энергетические, учитывая высокое содержание липидов и углеводов. Таким образом, их можно рекомендовать физически активным людям и спортсменам, чтобы удовлетворить их потребности в калориях после тренировки.

Срок годности был определен как функция активности воды, поскольку этот параметр первым достиг критического порога качества во время хранения, что значительно повлияло на сенсорное восприятие дегустаторами текстуры. Результаты сенсорной оценки (внешний вид, цвет, аромат и текстура) и общему восприятию в процессе хранения имели гедонистические частоты между уровнем 5 и 8 («ни нравится, ни не нравится» и «очень нравится»). За исключением внешнего вида и вкусовых характеристик батончика со вкусом кокоса, средняя приемлемость всех характеристик, оцененных для батончиков с обоими вкусами, значительно снизилась за 6 месяцев хранения, однако уровни не достигли порога отклонения (5).

Также было отмечено, что текстура была одним из наиболее важных параметров с точки зрения дегустаторов, поскольку это был атрибут, который первым достиг самых низких приемлемых значений для обоих батончиков. Потеря текстуры в этом случае может быть связана с увеличением активности воды. Несмотря на то, что значения напряжения сдвига значительно различались, это изменение имело случайный характер и не показывало четкой тенденции. Такие колебания можно отнести к неоднородности многокомпонентных батончиков, поскольку сила сдвига не всегда прикладывается к одной и той же области анализируемого образца. Зерновые батончики имеют неоднородную структуру из-за формы и размеров всех ингредиентов, а также из-за различий в толщине по длине.

#### **Список литературы:**

1. Данович Л.М., Красина И.Б., Доронина В.Г. Использование имитационного моделирования производственных процессов // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 437–439.
2. Данович Л.М., Красина Е.В., Красина И.Б. Использование методики поверхностного отклика для оптимизации рецептуры энергетических батончиков // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 439–443.
3. Применение методов математического моделирования в разработке технологии и оценки потребительских свойств полуфабрикатов / Л.М. Данович [и др.]. – Краснодар : КубГТУ, 2019. – 185 с.

УДК 663.938

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОФЕЙНОГО ШЛАМА В КАЧЕСТВЕ ПИЩЕВОГО ИНГРЕДИЕНТА



### USE OF COFFEE SLUDGE AS A FOOD INGREDIENT

**Данович Л.М.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
dlm59@mail.ru

**Красина И.Б.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
kib@mail.ru

**Хашпакянц Б.О.**

аспирант,  
Кубанский государственный технологический университет  
goose90@mail.ru

**Сторчеус К.Н.**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
ksenyas02@mail.ru

**Аннотация.** Целью настоящего исследования являлась оценка использования кофейного шлама в качестве инновационного функционального пищевого ингредиента в мучных кондитерских изделиях и изучение влияния кофейного шлама и его химических компонентов на сенсорные свойства, летучие компоненты и реологические свойства конечного продукта. Смешивание пшеничной муки с кофейным шламом незначительно повлияло на реологические свойства теста и общее восприятие конечного продукта.

**Ключевые слова:** кофейный шлам, пищевой ингредиент, тесто, печенье, реологические свойства, сенсорная оценка.

**Danovich L.M.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
dlm59@mail.ru

**Krasina I.B.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
kib@mail.ru

**Khashpakyants B.O.**

Graduate Student,  
Kuban State Technological University  
goose90@mail.ru

**Storcheus K.N.**

Student,  
Kuban State Technological University  
ksenyas02@mail.ru

**Annotation.** The purpose of this study was to assess the use of coffee sludge as an innovative functional food ingredient in flour confectionery products and to study the effect of coffee sludge and its chemical components on sensory properties, volatile components and rheological properties of the final product. Mixing wheat flour with coffee slurry did not significantly affect the rheological properties of the dough and the overall perception of the final product.

**Keywords:** coffee sludge, food ingredient, dough, biscuits, rheological properties, sensory evaluation.

Кофе является одним из самых популярных напитков в мире, годовое потребление которого превышает 400 миллиардов чашек. Отчет о производстве ICO за 2019 год показал 153,9 миллиона мешков (мешок 60 кг), из которых 97,3 миллионов мешков сорта Арабика и 56,6 миллионов мешков сорта Робуста [1]. Кофейная промышленность как один из важнейших агропромышленных и пищевых секторов производит большое количество отходов как в жидкой, так и в твердой форме. Отработанная кофейная гуща (кофейный шлам) – это самый распространенный остаточный материал, который составляет при переработке кофейного зерна 45 %, и получаемый при обработке кофейных зерен паром или горячей водой для производства растворимого кофе. Таким образом, ежегодно образуется около 6 миллионов тонн кофейного шлама, поскольку 50 % мирового производства кофе используется для приготовления растворимого кофе.

С точки зрения питания, кофейный шлам содержит значительное количество пищевых волокон (47,3 г / 100 г кофейного шлама), состоящих в основном из нерастворимых волокон (88 %) [2]. В то время как из-за различных условий, используемых в процессе приготовления растворимого кофе, содержание белка колеблется от 6,7–9,9 до 12,8–16,9 % [3].

Что касается современного образа жизни то потребители ищут здоровую пищу с более низким гликемическим индексом, а также более низкой калорийностью, это яв-

ляется основными проблемами для решения в настоящее время в пищевой промышленности в дополнение к проблеме содержания пищевых волокон в пищевых продуктах и их роли в сбалансированном питании [4].

Цель нашего исследования заключалась в оценке возможности использования кофейного шлама в качестве инновационного функционального пищевого ингредиента в мучных кондитерских изделиях и изучении влияния кофейного шлама и его химических компонентов на сенсорные свойства, летучие компоненты и реологические свойства конечного продукта.

Исследование химического состава кофейного шлама было установлено, что содержание влаги составляло 58,98 %, поэтому необходимо было подвергнуть кофейный шлам сушке, чтобы контролировать микробиологическую активность, которая может способствовать разложению продукта, а также может препятствовать процессу извлечения жира. После вакуумной сушки влажность кофейного шлама составила 7,47 % (табл. 1), что соответствует технологическим рекомендациям и рекомендациям по качеству, которые предусматривают влажность ниже 10 %.

**Таблица 1** – Химический состав сырья и готового печенья

Показатель, %	Сырье		Контроль	Печенье		
	пшеничная мука	кофейный шлам		дозировка кофейного шлама, %		
				2	4	6
Влага	11,90	7,47	5,76	6,30	7,02	7,88
Белок	12,05	8,97	8,23	7,32	6,05	6,78
Жир	1,12	13,89	16,1	16,1	16,17	16,37
Углеводы в т.ч.	74,23	63,90	73,7	74,2	75,0	73,98
пищевые волокна	0,45	51,86	1,06	1,10	1,13	1,16
Зола	0,70	2,77	0,90	1,22	1,65	1,71

Благодаря как гидрофильному характеру неорганических минералов, так и различным условиям обработки, применяемым в процессе приготовления растворимого кофе, содержание золы снизилась с 4,6 до 2,77 %.

В кофейном шламе содержится значительное количество жиров (13,89 %), как показано в таблице 1, поскольку как в зернах робусты, так и в зернах арабики процент липидов довольно высок – 11–16 и 14–20 % соответственно, но они практически не экстрагируются горячей водой во время производства растворимого кофе, следовательно, остаются в кофейном шламе.

Пищевые волокна являются основным компонентом среди компонентов кофейного шлама (51,86 %). Нерастворимая клетчатка была основным компонентом пищевых волокон (88 %), что предсказуемо в отношении процесса и извлечения большей части растворимой клетчатки во время производства растворимого кофе.

Химический состав контрольного и опытных образцов печенья также представлен в таблице 1. Увеличение дозировки кофейного шлама с 2 до 6 % показало увеличение содержания клетчатки и золы в опытных образцах печенья по сравнению с контрольным (табл. 1). Содержание белка в опытных образцах с добавками кофейного шлама было ниже по сравнению с контрольным образцом, в то время как содержание жира не представляло значимых различий ( $p > 0,05$ ).

Пшеничная мука, характеризующаяся более высокой белизной ( $L^* = 92,33$ ), в то время как кофейный шлам был темным ( $L^* = 20,05$ ). Степень покраснения  $a^*$  была ниже у пшеничной муки (0,45), чем у кофейного шлама (3,57). Следовательно, значение  $a^*$  печенья увеличивалось с увеличением уровня кофейного шлама, В отличие от значения  $a^*$ , значение желтизны  $b^*$  было выше в пшеничной муке (9,53), чем в кофейном шламе (6,58), поэтому смешивание пшеничной муки с кофейным шламом на 2, 4 и 6 % значительно снизило значение  $b^*$  в печенье.

Средние сенсорные оценки контрольного и опытных образцов печенья по 20-ти бальной шкале показаны в таблице 2. Значительные различия ( $p < 0,05$ ) в цвете наблюдались между контрольным образцом и образцами с добавками, тогда как увеличение дозировки кофейного шлама значительно снижало оценку цвета из-за его темной природы.

**Таблица 2** – Влияние кофейного шлама на сенсорные свойства печенья

Показатель	Контроль	Дозировка кофейного шлама		
		2	4	6
Цвет	18,15	16,35	15,01	13,20
Вкус	18,00	18,25	18,65	16,02
Аромат	18,21	18,05	17,82	16,74
Текстура	18,25	18,10	18,44	18,70
Внешний вид	18,72	18,47	17,20	16,14

Несмотря на установленные различия между образцами в выявленных летучих компонентах, которые влияли на аромат и вкус, однако, не было обнаружено никаких значительных различий ( $p > 0,05$ ) между контрольными образцами и образцами с добавками (2 и 4 % кофейного шлама).

При увеличении дозировки кофейного шлама до 6 % значительно снизились ( $p < 0,05$ ) аромат и вкусовые качества.

Текстура опытных образцов с добавками близка к контролю или превосходит его, без значительных различий ( $p > 0,05$ ), что может быть связано с более высокой эмульгирующей активностью и стабильностью кофейного шлама. Однако общая приемлемость не показала значительных различий ( $p > 0,05$ ) среди исследованных образцов, что делает кофейный шлам перспективным функциональным ингредиентом с большим потенциалом для использования в мучных кондитерских изделиях.

Внесение кофейного шлама при производстве печенья повлияло на его качественные и текстурные показатели. Высота печенья значительно увеличивается с увеличением уровня дозирования кофейного шлама ( $p < 0,05$ ), в то время как объем значительно увеличивается при добавлении кофейного шлама в целом. Между тем, диаметр и коэффициент расплываемости значительно уменьшались в опытных образцах по сравнению с контролем

**Список литературы:**

1. ICO., 2019. Coffee market report, July 2020. International Coffee Organization. – London.
2. Хашпакянц Б.О., Красина И.Б., Красин П.С. Исследование химического состава кофейного шлама с целью получения биологически активных добавок // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2015. – № 4. – С. 79–80.
3. Красин П.С., Данович Л.М., Тарасенко Н.А. Применение методов имитационного моделирования при проектировании технологии кондитерского производства // В сборнике: Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности. Электронный сборник материалов I Международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 347–350.
4. Имитационное моделирование производства пралиновых конфет функционального назначения / Л.М. Данович [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – № 5–6 (329–330). – С. 99–100.



**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**



**MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF  
CONSTRUCTION PRODUCTION**

**Коренева О.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
o.koreneva29@mail.ru

**Попова Е.С.**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
lenalenna@bk.ru

**Аннотация.** В статье описаны современные технологии моделирования в строительстве, рассмотрены и проанализированы основные шаги технологического моделирования естественно-научных процессов строительного производства.

**Ключевые слова:** моделирование, технологическая модель, техника, инженерия, строительство, естественно-научные процессы.

**Koreneva O.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
o.koreneva29@mail.ru

**Popova E.S.**

Student,  
Kuban State Technological University  
lenalenna@bk.ru

**Annotation.** The article describes modern information modeling technologies, considers and analyzes the main steps of technological modeling of natural-scientific processes of construction production.

**Keywords:** modeling, technological model, technique, engineering, construction, natural science processes.

**В** спектре жизни каждого человека тем или иным способом рано или поздно наблюдаются процессы моделирования. Выполнение расчётно-графических работ в студенческие годы, выполнение практических работ, разработка проектной документации, превращение в реальные предметы предметов на картинке с помощью 3D-моделирования, сборка конструктора в детстве. Всё это примеры использования моделирования, когда реальные объекты и процессы заменяются их отдельными отображениями или описаниями. В инженерии, в технических науках, а именно в строительстве не обойтись без технического моделирования. Знающий человек убеждён в том, что почти все процессы в строительстве сопровождаются моделированием.

Перед созданием реального предмета сначала создаётся его модель. Например, для того чтобы построить дом, необходимо разработать его проектную модель. Одним из решающих факторов в развитии моделирования является широкое распространение средств вычислительной техники, а также возможность видеть наперёд все происходящие процессы и анализировать поведение технических систем [2].

Под моделированием понимаются процессы построения и развития, происходящие в теоретических и практических исследованиях. Под техническим моделированием подразумевается совокупность математических действий и преобразований, которые описывают свойства объекта моделирования. Как правило, в настоящее время субъект моделирования заинтересован во внешнем виде и структуре объекта, всевозможных элементах его поведения [1].

Современное строительство представляет собой многогранную систему, в деятельности которой принимает участие огромное количество заинтересованных человек, для того чтобы построить и самое главное – смоделировать объект, необходимо организовать их слаженную работу. Модель объекта может постоянно меняться, поэтому элементы такого процесса всегда дополняют друг друга и помогают облегчить поиск и анализ оптимальных решений.

Научно-технический прогресс развивается с невероятной скоростью, а это значит, что моделирование приобретает новые грани развития: происходит процесс усложнения программных технических задач, научно-технических условий их решений и подходов к созданию идеализированной модели системы, обеспечивающих ускорен-

ную производительность труда, энергозатратность и гарантию на качество продукта. Таким образом, есть возможность проследить диалектическую связь между принятием инженерных решений, обеспечившись математическими моделями объекта и программным обеспечением ЭВМ (электронно-вычислительных машин).

Любой инвестиционно-строительный проект является успешным при условии своей экономической целесообразности на каждом из этапов своего жизненного цикла. Период эксплуатации является самым продолжительным и важным этапом, когда становится очевидной инвестиционная состоятельность проекта. Современные технологии информационного моделирования открывают новые возможности в оценке эффективности управления эксплуатацией объекта [5].

Рассмотрим основные шаги технологического моделирования естественно-научных процессов.

Первым и самым важным этапом является формирование 3D-модели проекта. На начальной стадии работы формируется 3D-модель проекта, все элементы которой синхронизированы с разделами и объектами по проекту. После этого формируется плановая модель проекта. Фактическая модель формируется на основе регулярной фиксации и занесении в модель выполненных объемов работы за конкретный период. Информация заносится в модель в момент обхода объекта инженером, производится фотофиксация всех видов работ, информация заносится в ПК. Затем образуется комплексная модель проекта.

Таким образом, мы имеем возможность объединить начальную 3D модель проекта с плановой и фактической, получив комплексную модель, в которой по каждому проектному элементу содержится информация об используемых материалах элементов модели и физические показатели; срок выполнения работ по устройству проектных элементов модели; информация о выполненных размерах работ по факту [4].

Технологическое моделирование естественно-научных процессов в строительстве направлено на изучение закономерностей процессов и их алгоритмической направленности процессов возведения зданий и сооружений. Хотелось бы обратить особое внимание на организационно-технологическое проектирование (ОТП) строительства. Основные его сложности: неопределённость при разработке, высокие требования повышения качества строительной продукции, снижения её себестоимости. Одним из важнейших условий увеличения оптимизации работы является использование в теории и на практике организации в потоке, вычислительно-технологического эксперимента, проектирования методов математического моделирования надежности организационно-технологического проектирования [2].

Управление обычными методами в строительстве стало далеко не эффективным вследствие того, что строительное производство в настоящее время достигло высокого уровня сложности, каким не было уже несколько сотен лет. К такому прогрессу советские методы готовы не были, поэтому инженеры начали развивать эту индустрию и пришли к высоким результатам в строительной области. Теперь математические методы и модели организации строительством состоят из нескольких аспектов: методы количественной оценки влияния производственных факторов на результаты деятельности строительных организаций и методы оптимизации в управлении строительством.

В качестве примера естественно-научного процесса в строительстве рассмотрим технологическое моделирование часовой производительности одноковшового экскаватора, где его производительность напрямую зависит от числа циклов работы в час и ёмкости ковша. В математическом виде это выглядит следующим образом:

$$P = Q * N,$$

где P – часовая производительность экскаватора, м<sup>3</sup>/час;

Q – ёмкость ковша, м<sup>3</sup>;

N – число циклов в час, эта величина обратно пропорциональна времени цикла.

Детерминированная модель производительности Pв аналитическом виде упрощает процесс. При моделировании время цикла увеличено во много раз, его можно структурировать на время выполнения операции черпания экскаватором, время перемещения груза, ковша и высыпания груза. Существует более 30 факторов, влияющих

на часовую производительность экскаватора: степень дробления грунта, характеристик грунта, время питающего тока, объемного веса, влажности и липкости грунта. Все эти факторы связаны между собой нелинейными зависимостями. Значит, практически невозможно установить количественное, а именно числовое влияние этих факторов из-за того, что трудно поддаётся измерению. Поэтому математические модели, адекватно отражающие действительность в определённый момент времени, могут не отображать изменяющиеся условия производства в следующий момент [3].

Моделирование даёт возможность проводить эксперименты, анализировать конечные результаты не на реальной системе, а на ее абстрактной модели и упрощенном представлении-образе, привлекая для этой цели ЭВМ.

Создание современных систем управления в строительстве тесно связано с разработкой эффективных методов построения и реализации различных моделей производства работ по всем объектам и комплексам, обеспечивающих соблюдение заданных ограничений (сроков сдачи объектов, лимитов ресурсов и финансирования и др.) и оптимальное или, по крайней мере, рациональное использование ресурсов по тому или иному критерию. Основную роль в проектировании и управлении строительным производством играют задачи учета и распределения возобновляемых ресурсов (рабочие, инженерно-технические работники, машины и механизмы, электроэнергия, мощности по производству раствора и бетона и т.д.).

При всем многообразии постановок задач оптимального организационно-технологического проектирования с учетом ресурсов, отличающихся друг от друга выбором критериев, налагаемыми ограничениями, предположениями об условиях выполнения отдельных работ (постоянные, дискретно или непрерывно изменяющиеся, ограниченные или неограниченные интенсивности, допустимость перерывов и др.) можно выделить два основных типа: задачи минимизации времени выполнения комплекса работ при заданных ограничениях по ресурсам; задачи оптимизации некоторого показателя использования ресурсов при заданных сроках выполнения проектов. При решении этих задач и их постановке используются все виды моделей, но наиболее широко – смешанные (комбинированные), состоящие из изобразительных (графических) и математических.

В строительстве массовое применение нашли такие формы изобразительных моделей, как линейные графики, циклограммы, сетевые графики и различные разновидности этих форм (линейные графики и циклограммы со связями между работами, сетевые графики с разной формализацией их топологии и т.д.).

Так, например математическая модель строительных потоков имеет следующий вид:

– при непрерывном использовании ресурсов (при выполнении графика в координатах «захватка–время»)

$$t_{mn}^h = t_{m-1;n}^o; t_{mn}^h \geq t_{m;n-1}^o;$$

– при непрерывном использовании фронтов работ (при выполнении графика в координатах «работа–время»)

$$t_{mn}^h \geq t_{m-1;n}^o; t_{mn}^h = t_{m;n-1}^o,$$

где  $m$  – частные фронты;  $n$  – частные потоки (виды работ);  $mn$  – работа  $n$  – вида на  $m$  – частном фронте;  $t^h, t^o$  – соответственно момент начала и окончания работы.

Математическая модель позволяет рассчитывать временные параметры работ как вручную, так и с применением ЭВМ. Однако эти модели так же не свободны от недостатков. При возведении крупных комплексов, отличающихся сложными взаимосвязями работ, наглядность существенно снижается, и пользоваться ими неудобно. На них могут отображаться только основные работы, выполняемые непосредственно на том или ином частном фронте, а прочие работы (работы подготовительного периода, заготовительные, транспортные, по устройству внешних сетей и др.) не отображаются и не всегда увязываются.

Современное строительство как системный объект характеризуется высокой степенью сложности, динамичностью, вероятностным характером поведения, большим

числом составляющих элементов со сложными функциональными связями. Для эффективного анализа и управления такими сложными системными объектами необходимо иметь достаточно мощный аппарат моделирования.

В настоящее время интенсивно ведутся исследования в области совершенствования моделирования строительства, однако практика пока еще располагает моделями с довольно ограниченными возможностями полного адекватного отображения реальных процессов строительного производства. Разработать универсальную модель и единый метод ее реализации в настоящее время практически невозможно. Одним из путей решения данной проблемы является построение локальных экономико-математических моделей и методов их машинной реализации.

#### **Список литературы:**

1. Портнова А.С., Шарикова Д.В., Егорова И.П. Математическое моделирование и методы оптимизации в организации строительства // Научный электронный журнал «Матрица научного познания». – 2019. – № 4.
2. Литвинова Ю.С., Максименко-Шейко К.В., Шейко Т.И. Математическое и компьютерное моделирование строительных конструкций на основе R-функций // Научный журнал «Прикладная математика». – 2014. – Т. 17. – С. 45–52.
3. Аюпов В.В. Математическое моделирование технических систем: учебное пособие / М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образования «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2017. – 242 с.
4. Коренева О.В., Лескин Д.А. Математическое моделирование временных рядов // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2019. – С. 376–379.
5. Каранаухов В.И., Булатникова И.Н. Особенности разработки системы принятия решений в условиях неопределенности // В сборнике: Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. В 3-х частях / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2015. – С. 86–88.
6. Соколов Г.К. Технология строительного производства: учеб. пособие для вузов по направлению 270100 «Строительство» – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 539 с.
7. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции / СПбГАСУ. – СПб., 2018. – 239 с.

ГЕРМЕНЕВТИЧЕСКИЙ ПРИЕМ «КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОНСПЕКТ»



HERMENEUTIC RECEPTION «COMPUTER CONSECTION»

**Пригодина А.Г.**

кандидат педагогических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
zvezdochka\_11.01@mail.ru

**Матвеева О.А.**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
zvezdochka\_11.01@mail.ru

**Аннотация.** В статье описан приём понимания учебных текстов «Компьютерный конспект». Образы конспекта направляют процесс рефлексии на актуализацию индивидуального опыта, сформированного в результате изучения всей темы, а также на осмысление каузальных связей между математическими понятиями.

**Ключевые слова:** герменевтический приём, процесс рефлексии, математические понятия, мысленные ассоциативные связи, web-технологии.

**Prigodina A.G.**

PhD of Pedagogical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
zvezdochka\_11.01@mail.ru

**Matveeva O.A.**

Student,  
Kuban State Technological University  
zvezdochka\_11.01@mail.ru

**Annotation.** The article describes a technique for understanding educational texts «Computer synopsis». The images of the synopsis direct the process of reflection on the actualization of individual experience, formed as a result of studying the entire topic, as well as on understanding the causal connections between mathematical concepts.

**Keywords:** hermeneutic technique, reflection process, mathematical concepts, mental associative connections, web technologies.

Основоположником технологии «конспект» можно по праву считать выдающегося педагога В.Ф. Шаталова [1] (хотя и до него этот метод существовал в дидактике, но не был столь доминирующим). В его методической системе конспекту принадлежит одна из главных ролей, поскольку благодаря ему обеспечивалась прочная основа предметных знаний, которые затем развивались в рамках других подходов и технологий. Но конспекты В.Ф. Шаталова (он их называл «конспектами опорных символов» или просто – «опорный конспект») предназначены для обучения под руководством преподавателя, который проговаривал этот текст дважды. Конспект состоял из ключевых слов и символов, которые без преподавательских пояснений воспринимались как некие коды. Действительно, в каждой небольшой словесно-символьной опоре был закодирован большой фрагмент информации, который впоследствии при обращении к опоре вызывал соответствующую ассоциацию. Значит, «шаталовский» конспект был основан на использовании мысленных ассоциативных связей.

Отдельные идеи педагога В.Ф. Шаталова мы попытались реконструировать в компьютерном конспекте [2].

*Компьютерный конспект.* Конспект целесообразно разрабатывать на основе содержания больших фрагментов темы или темы целиком. В нём размещать только основные сведения из темы, которые надо прочно запомнить. Выделенные структурные единицы изученной темы (будем называть их опорами) надо разграничить, а внутри границ поместить ссылку, которая для каждой из частей конспекта открывает соответствующее пояснение. Мы посчитали целесообразным разделить конспект на 5–7 частей. Поэтому на титульном листе конспекта есть 5 или 7 ссылок, которые обозначены как управляющие кнопки. Первая кнопка открывает пояснительный текст для первой опоры, затем ссылкой «Назад» можно вернуться к титульному листу конспекта. Нажав на вторую кнопку, попадаем на web-страницу, где приведены уже два пояснения: к первой и второй опорам. Процесс продолжается, пока не будет проработан весь конспект. Таким образом, первая опора просматривается 7 раз, вторая 6 раз и т.д. Содержательность конспекта отражена в итоговом тесте, предусматривающем проверку и выставление отметки.

Образы компьютерного конспекта направляют процесс рефлексии на актуализацию индивидуального опыта, сформированного в результате изучения всей темы, а также на осмысление каузальных связей между математическими понятиями. Реализован приём конспекта посредством набора web-страниц, связанных прямыми и обратными ссылками. Если же преподаватели захотят сконструировать конспект самостоятельно, то, чтобы не формировать дополнительно программные коды и скрипты, можно воспользоваться предложенным полем, но не изменять на поле расположения кнопок.

В данный комплекс включены два варианта конспектов. Первый мы назвали «Конспект – значения» (рис. 1), т.к. на его поле представлены только формулы, а их значения открываются кнопками. При этом соблюден способ представления пояснений с дополнениями, поэтому мы приводит только последнюю web-страницу к шестому пункту конспекта (рис. 2).

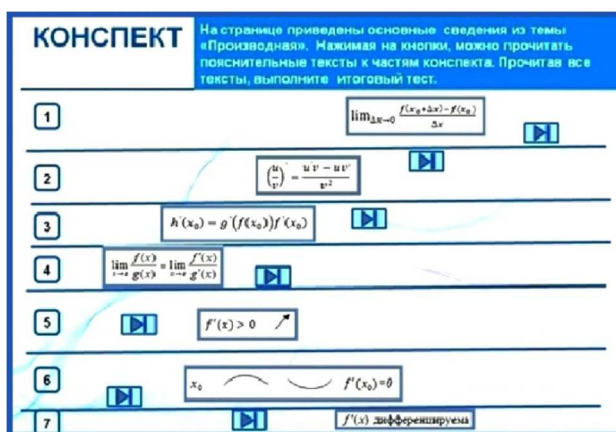


Рисунок 1 – Вид web-страницы «Конспект-значение»

### Определение производной функции

Производной функции  $f(x)$  в точке  $x_0$  называется предел, к которому стремится отношение приращения функции к приращению аргумента, когда приращение аргумента стремится к нулю:

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

### Основные свойства производных

1. Если  $u(x) = \text{const}$ , то  $u'(x) = 0$ .  
 2. Если  $u(x)$  и  $v(x)$  – дифференцируемые функции в точке  $x_0$ , то:  
 1)  $(cu)' = cu'$ ,  $(c - \text{const})'$ ;      2)  $(u \pm v)' = u' \pm v'$ ;  
 3)  $(uv)' = u'v + uv'$ ;      4)  $\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u'v - uv'}{v^2}$  ( $v(x_0) \neq 0$ ).

### Производная сложной функции

Рассмотрим сложную функцию, аргумент которой также является функцией:  $h(x)=g(f(x))$ . Если функция  $f$  имеет производную в точке  $x_0$ , а функция  $g$  имеет производную в точке  $f(x_0)$ , то сложная функция  $h$  также имеет производную в точке  $x_0$ , вычисляемую по формуле:

$$h'(x_0) = g'(f(x_0)) \cdot f'(x_0)$$

### Правило Лопиталя

Пусть при  $x \rightarrow a$  для функций  $f(x)$  и  $g(x)$ , дифференцируемых в некоторой окрестности точки  $a$ , выполняются условия:  
 1) либо  $f(x) \rightarrow 0$ ,  $g(x) \rightarrow 0$ , либо  $f(x) \rightarrow \infty$ ,  $g(x) \rightarrow \infty$ ,  
 2) существует предел  $\lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)}$ , тогда

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)}$$

### Достаточные признаки монотонности функции.

Если  $f'(x) > 0$  в каждой точке интервала  $(a, b)$ , то функция  $f(x)$  возрастает на этом интервале.  
 Если  $f'(x) < 0$  в каждой точке интервала  $(a, b)$ , то функция  $f(x)$  убывает на этом интервале.

### Необходимое условие экстремума.

Если  $x_0$  – точка экстремума функции  $f(x)$  и производная  $f'$  существует в этой точке, то  $f'(x_0) = 0$ .

### Вторая производная.

Если производная  $f'(x)$  функции  $f(x)$  дифференцируема в точке  $x_0$ , то её производная называется второй производной функции  $f(x)$  в точке  $x_0$ , и обозначается  $f''(x_0)$ .

Рисунок 2 – Вид web-страницы герменевтического приёма «Конспект-значение»

Второй вариант обобщающего конспекта выполнен в вопросной форме. Известно, что при работе с компьютером эту форму полностью, как она присутствует в традиционном обучении, реализовать сложно. Но, чтобы несколько скомпенсировать этот недостаток компьютерного обучения, мы сделали конспект-вопрос, где разделили во времени демонстрацию вопроса, предлагая студенту подумать над ним и самостоятельно найти ответ, а для самопроверки затем открыть страницу с ответом (рис. 3).

**Конспект "Вопрос"**

Просматривая конспект, старайтесь мысленно отвечать на вопросы. Затем проверяйте, верно ли вы ответили, для этого нажимайте на кнопки, чтобы прочитать пояснительный текст. При этом заново прочитывайте все пояснения. Это поможет вам запомнить всё основное из темы.

<p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">1</p> <p>При выполнении какого условия функция называется дифференцируемой в точке?</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">▶</p>	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">2</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">▶</p> <p>Что следует из дифференцируемости функции?</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">▶</p>	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">3</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">▶</p> <p>Что достаточно знать, чтобы определить возрастает функция или убывает?</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">▶</p>	<p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">4</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">▶</p> <p>Какое условие является необходимым для существования экстремума?</p> <hr/> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">5</p> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 20px; margin: 0 auto;">▶</p> <p>В каком случае точка будет являться точкой максимума или минимума?</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Дифференцируемость в точке**

Функция называется дифференцируемой в точке, если существует предел, к которому стремится отношение приращения функции к приращению аргумента, когда приращение аргумента стремится к нулю.

**Связь между непрерывностью и дифференцируемостью функции**

Если функция дифференцируема в некоторой точке, то она непрерывна в этой точке. Обратное неверно: непрерывная функция может не иметь производной.

**Достаточные признаки монотонности функции**

Если производная функции в каждой точке некоторого интервала строго больше нуля, то сама функция возрастает на этом интервале.

Если производная функции в каждой точке некоторого интервала строго меньше нуля, то сама функция убывает на этом интервале.

**Необходимое условие экстремума**

Если какая-то точка является точкой экстремума функции и производная этой функции существует в этой точке, то производная, вычисленная в этой точке, равна нулю.

**Достаточные условия экстремума**

Если производная при переходе через какую-то точку меняет свой знак с плюса на минус, то эта точка является точкой максимума.

Если производная при переходе через какую-то точку меняет свой знак с минуса на плюс, то эта точка является точкой минимума.

Рисунок 3 – Вид web-страницы герменевтического приёма «Конспект-вопрос»

Приведённый приём понимания учебных текстов – это один из приёмов по реализации герменевтической концепции понимания в обучении математике и другим научным дисциплинам [3]. Наша позиция в том, что гражданское общество нашей страны должно состоять из мыслящих людей, а не индивидов со стереотипизированным мышлением, а технологии ИКД, исполненные в рамках герменевтического подхода, помогут решать эту важнейшую социальную задачу.

### Список литературы:

1. Опорные конспекты по кинематике и динамике: Кн. для учителя: из опыта работы / В.Ф. Шаталов [и др.]. – М. : Просвещение, 1989. – 143 с.
2. Использование герменевтических приёмов для организации рефлексивной деятельности студентов инженерного вуза в процессе изучения математических текстов / А.Г. Пригодина [и др.] // Мир науки. Педагогика и психология. – 2019. – Т. 7. – № 2. – С. 28.
3. Грушевский С.П., Шевляк А.Г. Формирование понятий как основа дидактической адаптации выпускников школы к обучению в вузе // Школьные годы. – 2012. – № 41. – С. 45–50.

УДК 681.326:518.5

## АДДИТИВНЫЕ И МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫЕ РАЗНОСТНО-ИТЕРАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ



## ADDITIVE AND MULTIPLICATIVE DIFFERENCE-ITERATIVE ALGORITHMS

**Булатникова И.Н.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
kras.anis@yandex.ru

**Гершунин С.А.**

АО «НИИ «СубМикрон» г. Зеленоград  
finbaricus@yandex.ru

**Аннотация.** Обосновываются преимущества быстродействующих целочисленных алгоритмов, ориентированных на микропроцессорную технику, в частности рассматриваются вопросы построения математических моделей разностно-итерационных алгоритмов, уяснение их структуры, в том числе первого этапа, когда происходит нахождение псевдочастного нескольких величин двумя способами: аддитивное разложение псевдочастного и мультипликативное разложение псевдочастного.

**Ключевые слова:** разностно-итерационные алгоритмы, вычисление функций на микропроцессорах, алгоритмическое обеспечение микропроцессоров и спецвычислителей.

**Bulatnikova I.N.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
kras.anis@yandex.ru

**Gershunin S.A.**

AO «NII «SubMikron»  
finbaricus@yandex.ru

**Annotation.** The advantages of high-speed integer algorithms focused on microprocessor technology are substantiated, in particular, the issues of constructing mathematical models of difference-iterative algorithms, understanding their structure, including the first stage, when a pseudofrequency of several quantities is found in two ways: additive decomposition of pseudofrequency and multiplicative decomposition of pseudofrequency are considered.

**Keywords:** difference-iterative algorithms, calculation of functions on microprocessors, algorithmic support of microprocessors and special calculators.

**В** связи с широким распространением микропроцессоров (МП) и микроконтроллеров (МК) во многих областях автоматизации производства остро встал вопрос синтеза быстродействующих целочисленных алгоритмов, ориентированных на микропроцессорную технику.

Среди таких алгоритмов важное место занимают разностно-итерационные алгоритмы (РИА). Разностно-итерационные алгоритмы – это неаналитические вычислительные методы, обеспечивающие на основе вычисления конечных приращений (текущих разностей) итерируемых величин цифровое моделирование сходящихся итерационных процессов к искомым (вычисляемым) величинам. Нас будут интересовать лишь те из них, для которых достаточно типового набора операций целочисленной арифметики (сложение, вычитание, сдвиги, тестирование знака, условные переходы).

Достоинствами РИА являются их целочисленность (отсутствие в них умножения и деления) и алгоритмическое быстродействие, особенно, при реализации функций двух и более аргументов.

Недостаток РИА состоит в том, что все они получены эвристическим путем. Для целенаправленного синтеза нужны детерминированные методики их проектирования. Они должны опираться на математические модели типовых РИА. Отсутствие таких методик ограничивает набор реализуемых функций. А, главное, ведет к оптимальности предлагаемых РИА, их избыточности, к незамечаемым даже их авторами ошибкам в них.

В этом отношении важно построение математических моделей РИА, уяснение их структуры, в том числе первого этапа, когда происходит нахождение псевдочастного нескольких величин [1, с. 120].

В зависимости от формы его представления появляются варианты построения второго и последующих этапов РИА, что позволяет реализовать заданную функцию.

1. Аддитивное разложение псевдочастного.

Такое разложение рассмотрим на таком РИА (для  $y > 0$ )



$$q_{i-1} = \text{sign } W_{i-1};$$

$$W_0 = w, \quad W_i = W_{i-1} - q_{i-1} \cdot y \cdot 2^{-i}, \quad W_n \rightarrow 0; \tag{1}$$

$$V_0 = v, \quad V_i = V_{i-1} - q_{i-1} \cdot x \cdot 2^{-i}, \quad V_n \rightarrow v + \frac{w}{y} \cdot x.$$

Математическая модель этого РИА такова:

$$\begin{aligned} 0 &= w - Q_n \cdot y, \\ V_n &= v + Q_n \cdot x, \end{aligned} \tag{2}$$

где  $Q_n = \sum_{i=0}^{n-1} q_i \cdot 2^{-i}$  – аддитивное разложение частного  $\frac{w}{y}$ . Это видно из первого уравнения РИА (1) и его матмодели (2). Отсюда  $V_n = v + \frac{w}{y} \cdot x$  (с точностью до единицы младшего разряда результата) [2, с. 297].

Такое разложение псевдодробного позволяет вычислять дробно-рациональные функции от нескольких переменных.

Для этого представим величины  $v, w, x, y$  как легко вычисляемые функции новых аргументов (допустим  $s$  и  $t$ )

$$F(s, t) = v(s, t) + \frac{w(s, t)}{y(s, t)} \cdot x(s, t). \tag{3}$$

Формально к представлению (3) можно перейти, деля его числитель на  $(s + t)$ , имеем частное  $(s + t + 1)$  и остаток  $-(4st + t)$ .

Представим  $F(s, t)$ , например, так, хотя возможен и другой вариант

$$F(s, t) = (s + t + 1) - \frac{4s + 1}{s + t} \cdot t. \tag{4}$$

Выбрав для РИА (1) начальные значения и константы следующим образом,

$$y(s, t) = s + t, \quad v(s, t) = y(s, t) + 1, \quad w(s, t) = -(4s + 1), \quad x(s, t) = t, \tag{5}$$

или

$$y(s, t) = s + t, \quad v(s, t) = y(s, t) + 1, \quad w(s, t) = t, \quad x(s, t) = -(4s + 1) \tag{6}$$

можно вычислить

$$F(s, t) = V_n.$$

## 2. Мультипликативное разложение псевдодробного

Сначала рассмотрим РИА с несимметричным представлением псевдодробного двух величин  $y$  и  $x$

$$\frac{y}{x} = \prod_{i=1}^n (1 + 2^{-i})^{\xi_i} \tag{7}$$

где  $\xi_i = \begin{cases} 0, & \text{если } Y_i < X_i, \\ 1, & \text{если } Y_i \geq X_i. \end{cases}$

Для формирования набора  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$  в (7) используются следующие рекуррентные соотношения (для случая  $y > x > 0$ )

$$\begin{aligned} Y_1 &= 2(y - x), \quad Y_{i+1} = 2(Y_i - \xi_i \cdot X_i), \quad Y_n \rightarrow 0; \\ X_1 &= x, \quad X_{i+1} = X_i + \xi_i \cdot 2^{-i} \cdot X_i, \quad X_n \rightarrow \frac{y}{x}. \end{aligned} \tag{8}$$

Такое разложение  $\frac{x}{y}$  (7) в виде произведения ряда множителей типа  $(1 + 2^{-i})^{\xi_i}$ ,

где  $\xi_i \in \{0,1\}$ , позволяет просто организовать вычисление функций типа  $z = (\frac{y}{x})^k$ , где  $k$  – натуральное число. Причем, все операции по возведению в степень  $k$  производится серией сдвигов и подсуммированием результатов сдвигов к предыдущему результату по рекуррентной формуле

$$Z_1 = 1, Z_{i+1} = Z_i + \xi_i \cdot 2^{-i} \cdot Z_i. \quad (9)$$

Причем процедура (9) повторяется  $k$  раз для каждого  $i$ . Другое применение мультипликативного разложения (7) – это возможность вычисления функций вида  $z = \log_a(\frac{y}{x})$ . Для этого выражение (9) надо дополнить набором  $k$  констант вида  $\log_a(1 + 2^{-i})$ , где  $i = 1, 2, \dots, n$ . Тогда

$$Z_1 = 0, Z_{i+1} = Z_i + \xi_i \cdot \log_a(1 + 2^{-i}), Z_n \rightarrow \log_a(\frac{y}{x}). \quad (10)$$

Разнообразные представления псевдочастного двух величин совместно с математическими моделями РИА позволяют системному программисту проектировать разностно-итерационные алгоритмы для наперед заданных функциональных зависимостей в различных областях, например, при моделировании кинетики плоских механизмов [3, с. 22] или при микропроцессорной обработке информации при проведении численного эксперимента для расчета теоретической вольт-амперной характеристики в электромембранных системах [4, с. 012030].

#### Список литературы:

1. Анишин Н.С., Булатникова И.Н. Основные формализмы разностно-итерационных алгоритмов // Известия ТРТУ. – 2006. – № 5 (60).
2. Bulatnikova I.N., Gershunina N.N. Modification of difference-iterative algorithms // International Journal of Control Theory and Applications. – 2016. – Vol. 9. – № 30.
3. Моделирование кинетики плоских механизмов на базе целочисленных алгоритмов / Н.С. Анишин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2013. – № 4 (173).
4. Model and Numerical experiment for calculating the theoretical current-voltage characteristic in electro-membrane systems / M.Kh. Urtenov [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Collection of materials of the XV International Scientific-Technical Conference. Don State Technical University. – 2019.

**ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ЦЕНТРИРОВАНИИ  
ИНФРАКРАСНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**



**ERRORS IN CENTERING INFRARED OPTICAL SYSTEMS**

**Куликова Т.А.**

кандидат химических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
mvkulikov@list.ru

**Чабров С.Е.**

кандидат технических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
chabrov\_s.e.@mail.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы и рассмотрены все возможные погрешности, возникающие при центрировании линз работающих в инфракрасном оптическом диапазоне. Авторами проведен анализ возникновения погрешностей при центрировании линз инфракрасных оптических систем.

**Ключевые слова:** линзы, оптические системы, инфракрасный диапазон, погрешности, контроль, центрирование, кривизна, смещение.

**Kulikova T.A.**

PhD in Chemical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
mvkulikov@list.ru

**Chabrov S.E.**

PhD in Technical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
chabrov\_s.e.@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes and considers all possible errors that occur when centering lenses operating in the infrared optical range. The authors analyzed the occurrence of errors in centering the lenses of infrared optical systems.

**Keywords:** lenses, optical systems, infrared range, errors, control, centering, curvature, displacement.

**В** современном мире инфракрасные оптические системы получили широкое распространение. Они с успехом используются в различных областях науки и техники, таких как медицина, космические исследования, экология, энергетика, картография, спектроскопия, безопасность, военное дело.

На различных этапах разработки и изготовления данных оптических систем возникает ряд специфических проблем, которые не свойственны оптическим системам, предназначенным для видимой области спектра. В частности, в инфракрасных оптических системах широко применяются материалы, непрозрачные в видимой области спектра. Данное обстоятельство значительно усложняет осуществление контроля погрешностей центрирования оптических элементов, наличие которых приводит к ухудшению показателей качества изготавливаемых оптических систем.

Оптические системы, предназначенные для работы в инфракрасном (ИК) диапазоне, представляют собой один из наиболее обширных классов оптических систем. Инфракрасный диапазон оптического излучения с длинами волн от 0,74 до 1000 мкм часто разделяют на отдельные поддиапазоны. В работе [1] приведено одно из таких возможных разбиений с учетом «окон прозрачности» атмосферы Земли и наиболее распространённых диапазонов работы приёмников излучения.

**Таблица 1** – Поддиапазоны инфракрасного диапазона оптического излучения

Наименование	Длины волн, мкм
БлижнийИК (Near-infrared, NIR)	от 0,74 до 1,1
КоротковолновыйИК (Short-wavelength infrared, SWIR)	от 1,1 до 2,5
СредневолновыйИК (Mid-wavelength infrared, MWIR)	от 3,0 до 5,0
ДлинноволновыйИК(Long-wavelength infrared, LWIR)	от 8,0 до 14,0
ДальнийИК (Far-infrared, FIR)	от 15,0 до 1000

В наши дни инфракрасные оптические системы находят широкое применение в различных областях науки и техники: в медицине, в космических исследованиях, экологии, энергетике, картографии, спектроскопии и в военном деле [11].

В то же время, повышение чувствительности и уменьшение размеров чувствительных элементов современных многоэлементных фотоприемных устройств, а также требования минимизации массогабаритных и совершенствования тактико-технических характеристик приводят к усложнению конструкции оптических систем для инфракрасной области спектра [12].

Современные оптические системы ИК техники, как правило, представляют собой сочетание множества различных оптических элементов. Они включают в себя линзы со сферическими и асферическими поверхностями, дифракционные оптические элементы (ДОЭ), зеркала, призмы, поляризационные элементы, плоскопараллельные пластины и др. [26–30].

Усложнение конструкции оптических систем приводит к ужесточению допусков на качество изготовления оптических и механических деталей, а также сборки и юстировки [3]. Настоящая работа посвящена вопросам контроля погрешностей центрирования.

По определению центрированной оптической системой является оптическая система, в которой центры кривизны сферических поверхностей и центры симметрии асферических поверхностей расположены на одной прямой, называемой оптической осью системы. Однако при изготовлении оптических систем неизбежно возникают погрешности центрирования. Они могут возникать непосредственно при формообразовании самой оптической детали, при склеивании оптических деталей, при установке оптических деталей в оправы, при сборке ряда оптических компонентов в единую оптическую систему. Согласно [1] можно выделить несколько видов погрешностей центрирования одиночного оптического элемента:

1. Линейное смещение центра кривизны произвольной сферической поверхности на расстояние  $c_i$  – децентрировка. Если выполняется условие  $\frac{c}{R} \ll 1$ , где  $R_i$  – радиус кривизны рассматриваемой сферической поверхности, то данное смещение эквивалентно наклону данной поверхности относительно её вершины на угол  $\theta_i = -\frac{c}{R}$ .

2. Наклон плоской поверхности на угол вокруг точки пересечения данной поверхности с оптической осью.

3. Погрешность центрирования асферической поверхности, представляющая собой сочетание двух составляющих – смещения оси симметрии асферической поверхности параллельно оптической оси системы  $c_i$  и наклона оси симметрии вокруг вершины поверхности на угол  $\theta_i$ .

4. Линейное смещение произвольного компонента оптической системы, состоящего из нескольких поверхностей, в направлении, перпендикулярном к оптической оси, на расстояние  $c_k$ .

5. Разворот произвольного компонента оптической системы вокруг некоторой точки  $K$ , расположенной на расстоянии  $l_k$  от первой поверхности данного компонента на угол  $\theta_k$  (см. рис. 1).

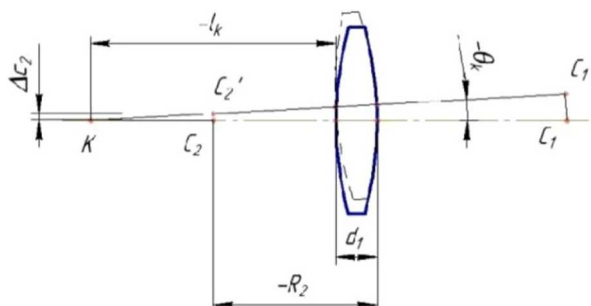


Рисунок 1 – Разворот оптического компонента

Все перечисленные виды погрешностей центрирования распространены на практике. При этом в каждом конкретном случае может иметь место как только один из данных видов, так и их комбинация. В частности, погрешность центрирования по п.1) представляет собой не что иное как децентрировку одиночной линзы, представленную на рисунке 2.

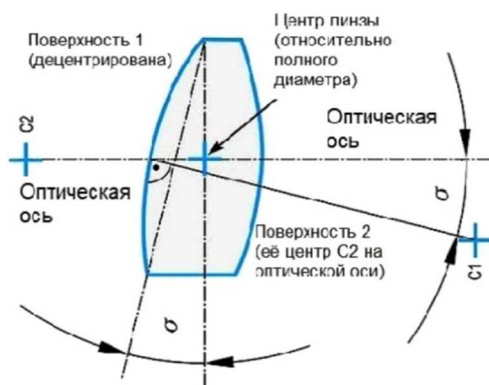


Рисунок 2 – Пример децентрировки одиночной линзы

На чертежах оптической детали погрешность центрирования могут задавать позиционным допуском, разностью толщин по диаметру линзы или плоской поверхности [4]. Погрешность центрирования поверхностей линзы может привести при последующей сборке к её смещению и развороту относительно базовой оси оправы или корпуса объектива. Поэтому точный контроль погрешностей центрирования важен как на этапе изготовления оптических элементов, так и на этапах их сборки в оправы и в общие корпусные детали.

В то же время, при склейке линз имеет место погрешность центрирования склеенной линзы, обусловленная погрешностями центрирования склеиваемых компонентов, клиновидностью клеящего слоя, смещениями и наклонами приклеиваемой линзы относительно базовой.

При изготовлении оправ также возникают различные погрешности, которые могут привести к изменению положения оптических компонентов относительно базовой оси оправ. Как правило, это погрешности расположения «гнезда под компонент» относительно базовой оси оправы: несоосность, радиальные и торцевые биения, погрешности формы и шероховатость поверхностей. Таким образом, при установке компонентов в оправы и их креплении приклеиванием, завальцовкой, резьбовыми кольцами или другими способами, возникают погрешности центрирования из-за соответствующих ошибок изготовления поверхностей линз и оправ, а также радиальных смещений и наклонов одиночных линз и компонентов в посадочных зазорах (см. рис. 3). Подробное описание возможных погрешностей центрирования линзы при установке в оправу по насыпной конструкции можно найти в работе [5].

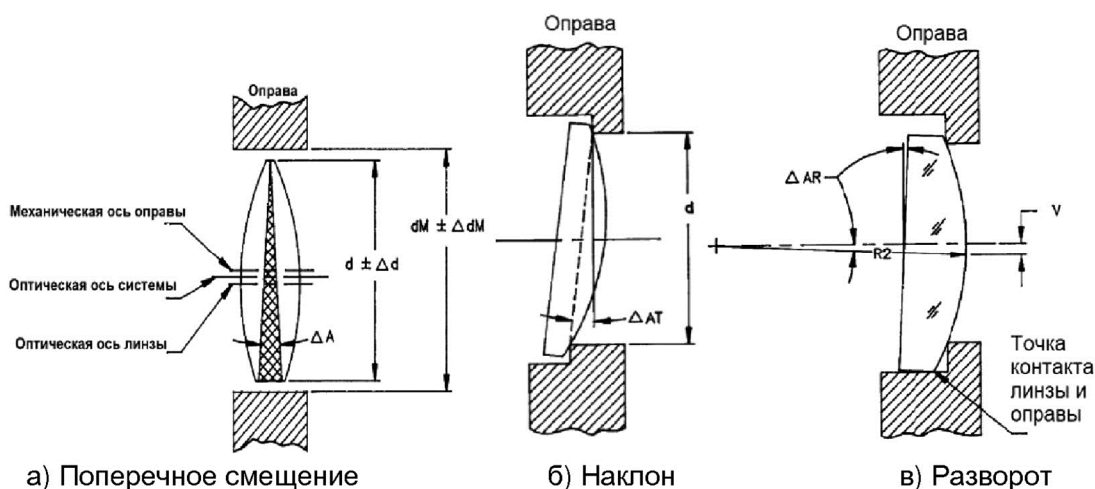


Рисунок 3 – Примеры погрешностей центрирования линз в оправax

Главными следствиями наличия погрешностей центрирования в оптических системах являются смещение и наклон изображения, а также появление дополнительных aberrаций – aberrаций децентрировки, ухудшающих качество изображения.

Таким образом, в настоящее время является актуальной проблемой разработка, исследование и повышение эффективности методов и средств, предназначенных для контроля погрешностей центрирования объективов оптических систем, работающих в инфракрасном диапазоне оптического излучения.

**Список литературы:**

1. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование мультимедийного контента лекционного характера // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 327–329.
2. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Обеспечение заданного уровня устойчивости сетевых информационных систем // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 433–435.
3. Брейтнер А.А., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Оптимизация работы динамичных интерактивных WEB-приложений // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 31–35.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Автоматизация функционального тестирования web-приложений // В журнале «Современные наукоемкие технологии». – 2016. – № 5–1. – С. 58–61.
5. Кандуко М.Х., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Разработка высокопроизводительных web-приложений // В сборнике: V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. – Краснодар. – 2015. – С. 148–152.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Проектирование интерактивных WEB-приложений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 43.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Достижение максимальной производительности ajax-приложений // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 121.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Увеличение скорости загрузки web-приложений // В журнале «Успехи современной науки». – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 181–185.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Структура углубленного трафика информационной сети // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2020. – С. 370–372.
10. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Управления рисками безопасности в корпоративных информационных сетях // В сборнике: IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – 2020. – С. 399–402.
11. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 24–26.
12. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
13. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
14. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
15. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

**ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РОССИИ**



**DEVELOPMENT TRENDS  
METROLOGICAL SUPPORT IN RUSSIA**

**Куликова Т.А.**

кандидат химических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
mvkulikov@list.ru

**Чабров С.Е.**

кандидат технических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
chabrov\_s.e.@mail.ru

**Аннотация.** В статье анализируются перспективы и тенденции развития метрологического обеспечения в России и пути повышения эффективности работы метрологической службы. Авторами проведен анализ показателей индикаторов государственных программ и направление развития комплексной инновационной системы метрологического обеспечения инновационных технологий в нашей стране.

**Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, методика измерений, точность измерений, экспертиза, контроль, эталон, нормативно-правовые и нормативно-технические документы.

**Kulikova T.A.**

PhD in Chemical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
mvkulikov@list.ru

**Chabrov S.E.**

PhD in Technical Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
chabrov\_s.e.@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes the prospects and trends in the development of metrological support in Russia and ways to improve the efficiency of the metrological service. The authors analyzed the indicators of indicators of state programs and the direction of development of a comprehensive innovative system of metrological support of innovative technologies in our country.

**Keywords:** metrological support, measurement methodology, measurement accuracy, expertise, control, standard, regulatory and technical documents.

**В** большинстве стран с развитой экономикой регулирование и формирование инновационных процессов реализуется посредством научно-технических и социально-экономических программ и проектов с различным уровнем участия государственного сектора. В России стратегическим направлением модернизации и инновационного развития экономики являются государственные программы Российской Федерации, включающие программы по развитию высокотехнологичных секторов экономики (авиация, космос, атомный энергопромышленный комплекс) [3], федеральные целевые программы по приоритетным направлениям модернизации и технологического развития экономики России, программы инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций и федеральных государственных унитарных предприятий [2].

В большинстве случаев для реализации инновационных технологий необходимо решение задач, связанных с разработкой методик измерения количественного значения физических величин, назначения норм точности измерения, проведения высокоточных измерений, разработкой средств и методик измерения, испытаний, контроля и диагностики, высокотехнологичных стендов и эталонов нового поколения. Возможность успешного решения таких задач зависит от полноты, обоснованности и выполнимости запланированных в программе метрологических мероприятий и количественных значений индикаторов. Основные тенденции построения метрологических мероприятий и оценки количественных индикаторов и показателей инновационных программ сформулированы в методических рекомендациях, разработанных ведущими научными центрами Росстандарта [6, 7]:

– соответствие разрабатываемых метрологических норм и правил (норм точности измерений, методик измерений и испытаний, методик контроля и диагностики и др.)

требованиям, исключающим принятия ошибочных решений или сведения к допустимому риску принятия таких решений;

- возможность выполнения измерений и испытаний с необходимой точностью, выполнения контроля и диагностики с необходимой достоверностью значений и параметров объектов;

- применение средств измерений утвержденных типов при использовании их в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора;

- необходимость создания, расширения и технологического перевооружения эталонных комплексов, испытательных и сертификационных центров, калибровочных центров и других метрологических комплексов;

- соответствие метрологических терминов, наименований измеряемых величин и обозначений их единиц установленным действующим законодательством в области обеспечения единства измерений.

Метрологические мероприятия формируются с учетом системы количественных индикаторов, обеспечивающих возможность проверки и подтверждения достижения намеченных целей и решения задач, реализуемых инновационных технологий. Требования о необходимости количественного определения индикаторов государственных программ установлены Постановлением Правительства «Об утверждении порядка разработки, реализации и оценки эффективности государственных программ Российской Федерации». В развитие [2] разработаны «Методические указания по разработке, реализации и оценке эффективности государственных программ», утвержденные Минэкономразвития России [1], в соответствии с которыми цель программы должна обладать свойствами конкретности, измеряемости, достижимости, релевантности, а используемые индикаторы и показатели должны соответствовать требованиям адекватности, точности, объективности, сопоставимости, однозначности, достоверности. В таблице приведены показатели индикаторов государственных программ и их значения.

Как следует из таблицы, значения большинства индикаторов имеют метрологические корни и их оценка связана с измерением физических величин с установленной точностью и достоверностью. В этом случае только использование инновационной системы метрологического обеспечения инновационных технологий становится эффективным инструментом, позволяющим разработать и реализовать намеченные цели и решить поставленные в программе задачи.

Одним из первых этапов построения такой системы метрологического обеспечения технологических инноваций, используемой в целях повышения результативности и эффективности государственных и федеральных научно-технических программ и национальных проектов, стал выход Постановления Правительства Российской Федерации от 13.09.1996 г. № 1101 «О внесении изменений в порядок разработки и реализации федеральных целевых программ и межгосударственных программ, в осуществлении которых участвует Российская Федерация». В соответствии с этим Постановлением определен примерный перечень мероприятий по метрологическому и нормативному обеспечению инновационных программ и проведению их метрологической и нормативной экспертизы. Необходимость проведения обязательной экспертизы требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений, содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации, установлены ст. 14 п. 1. Федерального закона «Об обеспечении единства измерений».

В то же время можно констатировать, что несмотря на значительность принятых шагов задача по созданию единой комплексной системы метрологического обеспечения государственных и федеральных технологических, продуктовых и экологических программ инновационного развития экономики не только не была завершена, но приобрела еще большую актуальность при реализации государственных программ Российской Федерации и инновационных программ крупнейших субъектов государственного сектора экономики. Мониторинг основных направлений государственных программ Российской Федерации показал, что при реализации мероприятий, основанных на количественных значениях целевых индикаторов и показателей. В программах, как правило, отсутствуют показатели адекватности, точности, достоверности, воспроизводимости планируемых индикаторов, что является следствием отсутствия единых норма-



тивно-правовых и межотраслевых научно-методических механизмов, устанавливающих порядок разработки и экспертизы метрологических мероприятий и количественных индикаторов, а также недостаточно высоким уровнем компетенции менеджмента, осуществляющего и направляющего практическую деятельность в этой сфере.

Показатели индикаторов государственных программ

№ п/п	Индикатор	Показатели индикаторов
1	Адекватность	Показатели должны очевидным образом характеризовать прогресс в достижении цели или решения задачи и охватывать все существенные аспекты достижения цели или решения задач государственной программы, при этом формулировки показателей и обосновывающих материалов должны быть очевидны
2	Точность	Погрешности измерения не должны приводить к искаженному представлению о результатах реализации государственной программы
3	Объективность	Не допускать использования показателей, улучшение отчетных значений которых возможно при ухудшении реального положения дел, используемые показатели должны в наименьшей степени создавать стимулы для участников государственной программы к искажению результатов реализации государственной программы
4	Сопоставимость	Выбор показателей следует осуществлять исходя из необходимости непрерывного накопления данных и обеспечения их сопоставимости за отдельные периоды с показателями, используемыми для оценки прогресса в реализации сходных подпрограмм, а также с показателями, используемыми в международной практике
5	Однозначность	Определение показателя должно обеспечивать одинаковое понимание существа измеряемой характеристики, как специалистами, так и конечными потребителями услуг, включая индивидуальных потребителей, для чего следует избегать сложных показателей и показателей, не имеющих четкого, общепринятого определения и единиц измерения
6	Экономичность	Получение опытных данных должно производиться с минимально возможными затратами, применяемые показатели должны в максимальной степени основываться на уже существующих процедурах сбора информации
7	Достоверность	Способ сбора и обработки исходной информации должен допускать возможность проверки точности полученных данных в процессе независимого мониторинга и оценки реализации государственной программы
8	Своевременность и регулярность	Отчетные данные должны поступать со строго определенной периодичностью и с незначительными временными лагами между моментами сбора информации и сроками ее использования

Эти тенденции определяют необходимость создания комплексной инновационной системы метрологического (аналитического и информационно-измерительного) обеспечения инновационных технологий, реализуемых в программах, включающей разработку и реализацию программных мероприятий по аналитическому, информационному и метрологическому обеспечению исследований, разработки, производства, эксплуатации и утилизации продукции, строительства объектов, организации технологических процессов и других работ.

Основными ключевыми звеньями такой системы должны стать взаимосвязанный комплекс нормативно-правовых и нормативно-технических документов, определяющих порядок разработки, реализации и экспертизы метрологических мероприятий, информационно-аналитическая база, включающая данные об используемых и требующих разработки контрольно-измерительных и диагностических технологиях, и образовательная система подготовки и повышения квалификации специалистов [9]. Только комплексное использование всех механизмов системы метрологического обеспечения инновационных технологий может обеспечить достижение поставленных в программе целей и решение намеченных задач путем получения достоверной информации о количественных значениях целевых индикаторов и их показателей на всех стадиях выполнения программы.

**Список литературы:**

1. Фирстов В.Г., Рассамахин Д.Ю. Тенденции развития метрологического обеспечения технологической экономики // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11-3. – С. 530–533.
2. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование мультимедийного контента лекционного характера // В сборнике: *Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова*. – 2018. – С. 327–329.
3. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Обеспечение заданного уровня устойчивости сетевых информационных систем // В сборнике: *Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова*. – 2018. – С. 433–435.
4. Брейтнер А.А., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Оптимизация работы динамичных интерактивных WEB-приложений // В сборнике: *Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова*. – 2016. – С. 31–35.
5. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Автоматизация функционального тестирования web-приложений // В журнале *«Современные наукоемкие технологии»*. – 2016. – № 5–1. – С. 58–61.
6. Кандуко М.Х., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Разработка высокопроизводительных web-приложений // В сборнике: *V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина*. – Краснодар. – 2015. – С. 148–152.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Проектирование интерактивных WEB-приложений // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1-1. – С. 43.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Достижение максимальной производительности ajax-приложений // *Вестник Адыгейского государственного университета*. – 2013. – № 4. – С. 121.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Увеличение скорости загрузки web-приложений // В журнале *«Успехи современной науки»*. – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 181–185.
10. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Структура углубленного трафика информационной сети // В сборнике: *Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова*. – 2020. – С. 370–372.
11. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Управления рисками безопасности в корпоративных информационных сетях // В сборнике: *IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей*. – 2020. – С. 399–402.
12. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // *Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник*. – 2020. – №7. – С. 24–26.
13. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // *Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021*.
14. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: *XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей*. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
15. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // *Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020*.
16. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

УДК 681.5

**ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ И СОЗДАНИЯ АСУ СЛОЖНЫМИ ПРОЦЕССАМИ  
СОВРЕМЕННЫХ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ**



**PRINCIPLES OF DEVELOPMENT AND CREATION OF AUTOMATED CONTROL  
SYSTEMS BY COMPLEX PROCESSES OF  
MODERN BIOTECHNOLOGICAL PLATFORMS**

**Лубенцова Е.В.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Лубенцов В.Ф.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Аннотация.** Сформирована базовая концепция построения перспективных АСУ биотехнологическими процессами (АСУ БТП), основанная на применении основополагающих системных принципов. Приведены принципы, рекомендуемые для построения АСУ сложными процессами биотехнологии в условиях неопределенности. Отмечена целесообразность их применения в связи с внедрением инновационных технологий в биотехнологические производства, направленных на интеллектуализацию решения прикладных задач при построении АСУ БТП.

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления, принципы построения, биотехнологический процесс.

**Lubentsova E.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Lubentsov V.F.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Annotation.** The basic concept of building promising automated control systems by biotechnological processes (ACS of BTP), based on the application of fundamental system principles, has been formed. The principles recommended for building automated control systems by complex biotechnology processes in conditions of uncertainty are presented. The expediency of their application is noted in connection with the introduction of innovative technologies in biotechnological production aimed at intellectualizing the solution of applied problems in the construction of an automated control systems of BTP.

**Keywords:** automated control system, principles of construction, biotechnological process.

Среди первых технологических платформ, которые планируется создать, целый ряд напрямую связан с биотехнологиями. Это такие платформы, как «Медицина будущего», «Биоиндустрия и биоресурсы». По данным Организации экономического сотрудничества в 2030 году с помощью биотехнологий будет выпускаться до 35 % продукции в химической промышленности, до 80 % медицинских препаратов, будет производиться половина сельскохозяйственных продуктов [6]. Достижение планируемых результатов предполагает интенсификацию и оптимизацию биотехнологических процессов (БТП), основанных на микробиологическом синтезе, с помощью фундаментальных исследований и проведения работ по повышению их продуктивности. Реализация этих работ обуславливает более высокие требования к системам автоматизации и требует повышения эффективности существующих систем автоматизации и управления, что может быть достигнуто благодаря использованию методов современной теории построения систем и алгоритмов интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ ТП [2–4].

Процессы ферментации различного назначения представляют собой сложные априорно неопределенные по своим характеристикам динамические системы. Эти системы, в особенности процессы со вторичным метаболизмом целевых продуктов, функционируют в условиях действия неконтролируемых внутренних и внешних возмущений, описание которых на этапе проектирования АСУ ТП зачастую является неполным и неточным. Приведем только некоторые из основных причин, которые порождают недостаточность знаний, влияющих на качество процесса управления.

Важным фактором, вызывающим существенную неопределенность при проектировании САУ, является отсутствие информации о причинах невысокой воспроизводимости управляемых БТП и факторах, при проявлении которых принципиально важно сохранение управляемости биотехнологической системы. Существенной причиной неопределенности является неполнота знаний о качестве сырья (питательной среды, посевного материала), тепловыделении, об изменении гидродинамических условий и массообменных характеристик в ходе процесса ферментации, о резких перепадах температуры охлаждающей воды, давления и расходов субстрата и аэрирующего воздуха. Вызывает неопределенность и ситуация, когда для проведения лабораторных анализов периодически отбираемых из аппаратов проб требуется большой временной интервал для получения необходимой информации.

Рассмотренные причины порождают проблему учета и компенсации недостаточности знаний при проектировании АСУ сложными биотехнологическими процессами. В общем, эта проблема включает в себя как априорную неточность и неопределенность информации о процессе и условиях его функционирования, так и неполноту измерений параметров ферментационной среды, используемых для формирования управляющих воздействий в режимах роста биомассы и биосинтеза целевого продукта. Отсутствие автоматического контроля переменных состояния и моментов смены режимов функционирования в ходе ферментации, а также возможного лимитирования процессов роста микроорганизмов компонентами питательной среды и концентрацией растворенного в среде кислорода или ингибирования повышенными концентрациями растворенного углекислого газа, а, следовательно, отсутствие их в математическом описании управляемого процесса порождает ситуационную неопределенность. Для таких БТП получение математического описания существенно затруднено и может быть выполнено только на качественном уровне.

Наиболее характерный вид неопределенности для биотехнологических объектов управления (БТО) – параметрическая неопределенность. Наличие такого вида неопределенности может быть учтено непосредственно в моделях управляемых БТО представлением их параметров как интервальных величин с фиксированными интервалами изменения. Это позволяет проводить синтез САУ с помощью методов гарантированного подхода. Однако при этом не исключается возможность оценки номинальных (расчетных) значений параметров моделей как среднеинтервальных. Это целесообразно учитывать при синтезе и математическом моделировании САУ на этапе проектирования.

Уменьшение влияния указанных факторов на качество процесса управления является главной проблемой при синтезе САУ, функционирующих в условиях неопределенности. Ее решение обеспечивается учетом недостоверности априорных знаний и снижения уровня неопределенности на основе применения интеллектуальной технологии. Такой подход предполагает построение САУ, реализующей процедуры получения, представления и обработки информации о БТО, окружающей его среде и самой системе управления. Обработка этой информации позволит уточнять текущее состояние объекта управления и внешней среды, что позволяет повысить качество управления и эффективность достижения поставленной цели функционирования.

Анализ современных проблем управления и методов построения систем управления сложными объектами позволяет сформировать базовую концепцию построения перспективных АСУ БТП, основанную на применении следующих основополагающих системных принципов:

1) принцип иерархического построения системы управления в классе многоуровневых автоматизированных систем управления с декомпозицией ее на уровни, отличающиеся:

- выбором глобальной цели и общего критерия управления производством;
- формированием на этой основе частных критериев управления стадиями производства и процессами этих стадий как подсистемами нижнего уровня;
- координацию работы подсистем нижнего уровня при изменении ситуации управления, например, в многоассортиментном производстве субстанций лекарственных препаратов с перенастраиваемой технологией;

2) принцип функциональной интеграции, предполагающий создание интегрированной системы управления процессами многостадийного биотехнологического производства, например стадиями стерилизации и ферментации на основе координации режимов работы аппаратов (нагревателя, выдерживателя, холодильника), а также режимов охлаждения питательных сред в биореакторах;

3) принцип применения методов анализа и синтеза гибридных САУ БТП, заключающийся в применении сочетания классических методов построения САУ (например, робастных систем, систем с аппроксимирующим управлением, интервальных систем) и интеллектуальных методов управления на базе технологии нейронных сетей, нечеткой логики, нейро-нечеткой технологии и др. К числу эффективных методов, нашедших практическое применение, можно отнести:

– принцип гарантирующего управления при решении задачи построения робастной САУ БТО с помощью интервальной модели объекта. Применение интервальной модели и различных минимаксных (гарантированных) подходов не требует информации о вероятностных характеристиках факторов неопределенности;

– принцип аппроксимирующего управления, основанный на аппроксимации характеристик сочетания нескольких нелинейных элементов непрерывными сигмоидными функциями. При этом выбор аппроксимирующего выражения определяется особенностями решаемой задачи и характером нелинейности;

4) принцип минимальной сложности, предполагающий выбор наиболее простой структуры интеллектуальной системы, например САУ с минимальной базой правил нечетких регуляторов и алгоритмов управления с нейронными сетями с минимальным числом слоев и нейронов в каждом слое нейронной сети, и реализацию схемы управления на основе коррекции коэффициентов регулятора, включенного в замкнутый контур управления, с помощью нечеткой логики и нейронной сети. Такая схема реализации позволяет проводить усовершенствование систем управления, не внося существенных изменений в существующие системы;

5) принцип построения открытых автоматизированных систем управления на основе интеллектуализации технологий решения прикладных задач управления и обработки информации.

Изложенные принципы могут быть реализованы при проектировании алгоритмического обеспечения интеллектуальных систем управления и принятия решений по нечеткой исходной информации в биотехнологии. Кроме того, целесообразным является включение в состав математического обеспечения системы автоматизированного проектирования САУ БТП методики поддержки принятия решений на этапе проектирования системы при многокритериальном выборе структур и алгоритмов автоматического управления и регулирования. Программная реализация методики оценки и многокритериального выбора рациональных алгоритмов и структур САУ не является затратной как по времени, так и по вычислительной сложности.

В разработанных на сегодняшний день САУ предусмотрены современные системотехнические решения, обеспечивающие устойчивую и качественную работу систем управления БТП при различных режимах их эксплуатации. Это задачи стабилизации режимных параметров, воспроизведения оптимальных профилей (программ) управления температурой, расходом воздуха на аэрацию, управление потоками субстрата и сливом культуральной среды, каскадное управление и т.д. Несмотря на то, что 90–95 % промышленных регуляторов являются ПИД-регуляторами [1], остаются нерешенными ряд задач и не учитываемых особенностей, вызванных реальными условиями применения и технической реализацией. К примеру, общепринято считать, что в установившемся режиме работы и при малых возмущениях большинство систем управления БТО с ПИД-регуляторами являются линейными. Однако в переходном режиме, при больших и длительных отклонениях регулируемой переменной от заданного значения, вызванных действием внешних возмущений и задающих воздействий, процесс перехода к установившемуся режиму на практике всегда требует учета нелинейности типа «ограничение». Эта нелинейность связана с естественными ограничениями на рабочий диапазон регулирующего органа, скорость его перемещения и т.п. Контур регулирования в системе, которая находится в состоянии насыщения, оказывается

разомкнутым, так как изменение переменной на входе звена с ограничением не вызывает необходимого изменения его выходной переменной. Наиболее типовым проявлением режима ограничения является так называемое «интегральное насыщение», которое возникает в ПИ-, ПИД-регуляторах с ненулевой постоянной интегрирования. Интегральное насыщение приводит к затягиванию переходного процесса. В разработанном ПИД-регуляторе [7] реализован метод устранения интегрального насыщения, обусловленного как внешними возмущениями, так и сигналом задания. Заметим, что если до появления контроллеров устранение насыщения было достаточно проблематичным, поскольку задача решалась только аппаратными средствами, то с появлением микропроцессорных контроллеров данную задачу удастся решить алгоритмически. Например, в этом случае контроллер следит за величиной управляющего воздействия на объект, и как только оно достигает насыщения, контроллер вводит программный запрет интегрирования для интегральной составляющей ПИ-, ПИД-регуляторов. Это обеспечивает устойчивость системы при больших отклонениях регулируемой переменной в системе, быстрое затухание и уменьшение перерегулирования. Следует также отметить, что типовые линейные регуляторы не являются многорежимными. К перспективным методам синтеза многорежимных систем регулирования можно отнести метод аппроксимирующего управления [5]. С повышением требований к качеству систем управления этот метод находит все большее признание и распространение в инженерной практике [8].

Таким образом, изложенное позволяет сделать следующий вывод: в дальнейшем следует ожидать интенсификацию работ по развитию и построению АСУ сложными БТП с использованием приведенных в данной работе принципов. Их применение становится еще более актуальным в связи с внедрением инновационных технологических платформ в биотехнологические производства, что наряду с их интенсификацией и интеллектуализацией обеспечит повышение конкурентоспособности выпускаемой биопродукции.

#### Список литературы:

1. Денисенко В.В. Разновидности ПИД-регуляторов // Автоматизация в промышленности. – 2007. – № 6. – С. 45–50.
2. Лубенцова Е.В. Методика интеллектуальной поддержки принятия решений в задаче выбора алгоритмов для управления биотехнологическим процессом // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 11. – С. 32–38.
3. Лубенцова Е.В. Сравнение и выбор алгоритмов интеллектуальных САУ на основе нечетких предпочтений // III международная научно-практическая конференция «Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки» (Fundamental science and technology – promising developments III), 24–25 апреля 2014. – North Charleston, USA. – 2014. – Т. 3. – С. 20–22.
4. Лубенцова Е.В. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при управлении процессом ферментации // Вестник СКФУ. – Ставрополь : Изд-во СКФУ. – 2015. – № 5 (50). – С. 19–26.
5. Лубенцов, В.Ф. Математическое описание и динамика систем с непрерывными аппроксимирующими функциями управления // В сборнике: Наука и технологии. Труды XXV Российской школы и XXXV Уральского семинара, посвященных 60-летию Победы. – 2005. – С. 269–271.
6. URL : <https://graintek.ru/registration/media/news/putin-sredi-pervykh-tekhnologicheskikh-platform-kotorye-my-namereny-sozdat-tselyji-rjad-naprjamuju-svjazan-s-biotekhnologijami/> (дата обращения 25.11.2020).
7. Патент 2234116 Российская Федерация, МПК{7} G 05 B 11/36. Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор / Лубенцова Е.В.; Сев.-Кавказ. ГТУ. – 2002135205/09; заявл. 24.12.2002; опублик. 10.08.2004.
8. Principles of constructing multi-mode control based on S-shaped sigma functions / E.A. Shakhray [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – № 872 (1). – С. 012009.

УДК 681.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АБСОРБЦИОННЫМ  
ОТДЕЛЕНИЕМ СЕРНО-КИСЛОТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**



**INVESTIGATION OF THE CONTROL SYSTEM OF  
THE ABSORPTION DEPARTMENT SULFURIC ACID PRODUCTION**

**Лубенцова Е.В.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Савельев В.Р.**

Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Аннотация.** Проведен анализ абсорбционного отделения серно-кислотного производства, выявлена актуальность темы исследования. Из рассмотрения динамических характеристик объекта и анализа влияния на процесс возмущений обусловлена необходимость применения АСР соотношения расходов сернистого газа и серной кислоты, поступающих в абсорбер. Использование регулятора соотношения расходов сернистого газа и серной кислоты обеспечивает компенсацию изменения расхода исходного насыщенного газа (нагрузки абсорбера по газу).

**Ключевые слова:** абсорбция, динамические характеристики, АСР соотношения расходов, серно-кислотное производство.

**Lubentsova E.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Saveliev V.R.**

Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Annotation.** The analysis of the absorption department of sulfuric acid production was carried out, the relevance of the research topic was revealed. From the consideration of the dynamic characteristics of the object and the analysis of the influence of disturbances on the process, it is necessary to use the automatic flow ratio control system of sulfur dioxide and sulfuric acid entering the absorber. The use of a controller for the ratio of sulfur dioxide and sulfuric acid flow rates provides compensation for changes in the flow rate of the initial saturated gas (the gas load of the absorber).

**Keywords:** absorption, dynamic characteristics, automatic flow ratio control system, sulfuric acid production.

Одной из основных задач химической технологии в настоящее время является повышение эффективности существующих процессов. Ее решение возможно только с помощью разработки и использования более эффективных систем управления, например, систем оптимизации химико-технологических процессов [1]. Производство серной кислоты является одним из важных и особо ответственных производств химической промышленности, требующее автоматического контроля и управления технологическими процессами, что позволяет практически исключить участие людей и оградить их от вредного воздействия серной кислоты [1]. Наиболее приемлемыми вариантами реализации оптимального управления технологическими процессами являются варианты, базирующиеся на принципах прямого цифрового управления. Реализация последних возможна при наличии достаточно полного математического описания процессов.

В данной работе объектом исследования является абсорбционное отделение серно-кислотного производства. Известно, что абсорберы как объекты управления являются сложными объектами, для них характерно наличие больших инерционностей с запаздыванием практически по всем каналам регулирования, ярко выраженная распределенность параметров, что требует при автоматизации применения распределенного контроля температуры по высоте абсорбера, а иногда и распределенных регулирующих воздействий.

Целью управления является повышение эффективности процесса абсорбции за счет поддержания постоянства заданной концентрации извлекаемого компонента в обедненном газе при соблюдении материального и теплового баланса абсорбционной установки [3].

Поскольку на рассматриваемой установке расход сернистого газа определяется технологическим режимом предшествующего процесса, то стабилизировать входные потоки не допустимо, несмотря на то, что их изменения являются для абсорбера существенными возмущениями. Для качественного регулирования процесса эти возмущения следует

компенсировать до распространения их в объекте. Эту задачу можно решить с помощью автоматической системы регулирования (АСР) соотношения расходов сернистого газа и серной кислоты с коррекцией по концентрации извлекаемого компонента, в которой один из расходов (нестабилизируемый) является ведущим, а другой расход – ведомый. Такая схема регулирования применяется в процессах газоочистки. Однако, если на установку поступает смесь постоянного состава, то исключается одно из сильных возмущающих воздействий [3]. В этом случае достаточно вместо регулирования концентрации ограничиться стабилизацией расходов сернистого газа и серной кислоты. Если при этом расход газовой смеси изменяется во времени, то регулирование соотношения расходов сернистого газа и серной кислоты осуществляется без коррекции по концентрации.

При расчете АСР соотношения расходов необходимо иметь передаточные функции объекта управления по наиболее важным каналам управления. Последние были получены путем оценивания при идентификации динамических характеристик объекта по каналам управления и возмущения. Расчет параметров настройки ПИ-регулятора произведен с использованием программы MathCAD.

Для оценки качества АСР соотношения при внешних возмущениях и при изменении коэффициента соотношения проведено моделирование работы системы с использованием программы MATLAB, структурная схема модели приведена на рисунке 1, а переходные процессы – на рисунке 2.

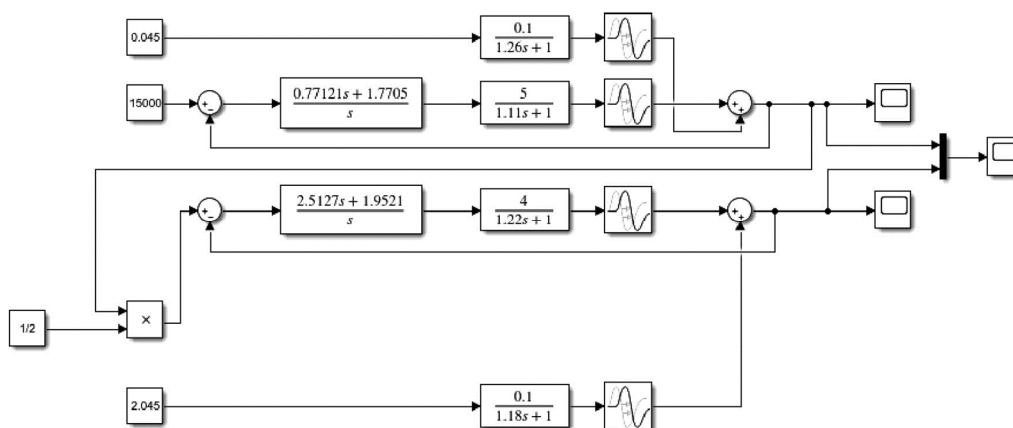


Рисунок 1 – Схема моделирования АСР соотношения расходов серной кислоты и сернистого газа

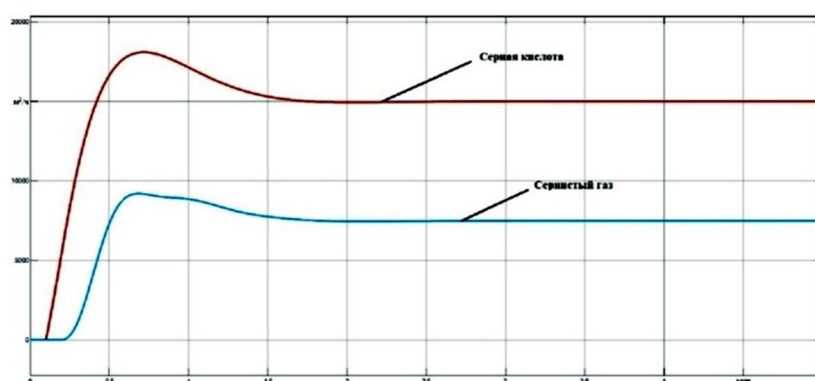


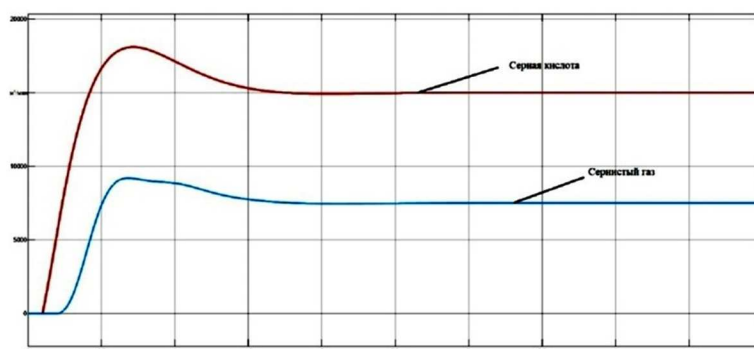
Рисунок 2 – Переходные процессы в АСР соотношения расходов серной кислоты и сернистого газа при расходе серной кислоты 15 000 м<sup>3</sup>/мин

Исследование системы при изменении расхода серной кислоты (увеличение расхода на 1000 м<sup>3</sup>/мин) показало, что при изменении задания по расходу серной кислоты обеспечиваются апериодические переходные процессы при выполнении заданного соотношения (1:2) расхода сернистого газа к расходу кислоты. Графики переходного процесса представлены на рисунке 3.

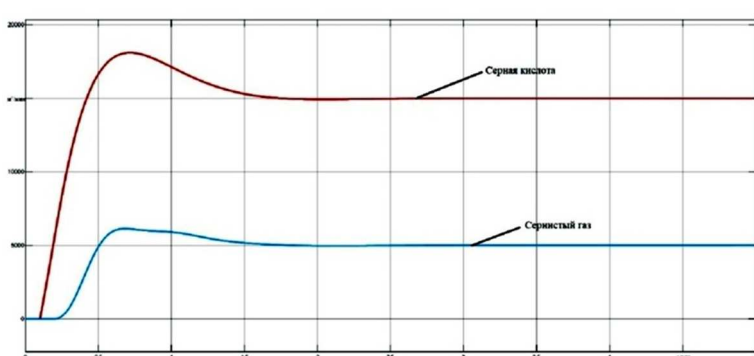
В случае изменения коэффициента соотношения при постоянном задании по расходу серной кислоты переходные процессы представлены на рисунке 4. Из полу-



ченного графика видно, что заданное соотношение расходов поддерживается с хорошим качеством переходных процессов.



**Рисунок 3** – Переходные процессы в АСР соотношения расходов при изменении задания по расходу серной кислоты



**Рисунок 4** – Переходные процессы в АСР соотношения расходов при соотношении 1:3

Таким образом, путем использования регулятора соотношения расходов сернистого газа и серной кислоты обеспечивается компенсация изменения расхода исходного насыщенного газа (нагрузки абсорбера по газу).

Учитывая реализацию проектируемой системы на базе микропроцессорной техники и осуществления функций регулирования в режиме прямого цифрового управления, отметим некоторые особенности цифровой реализации АСР соотношения. Заметим, что если до появления регулирующих микропроцессорных контроллеров цифровое управление было достаточно проблематичным и требовало в ряде случаев резервирования особо важных параметров процесса недорогих аппаратных средств, то принцип децентрализованного управления с появлением дешевых контроллеров позволяет решать данную задачу без существенных затрат, сохраняя требуемое качество. Кроме того, с появлением микропроцессорных контроллеров многие задачи при регулировании соотношения расходов, связанные в процессе перехода к новому установившемуся режиму, вызванному изменениями задающего воздействия и коэффициента соотношения расходов и требующие на практике учета нелинейности типа «ограничение», больших инерционностей и запаздываний по каналам управления, удается решить алгоритмически [2].

#### Список литературы:

1. Антохов С.В., Антохов М.В., Леонов Г.В. Особенности разработки системы автоматического управления процессом получения контактной серной кислоты на базе компьютерного моделирования // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – №4. – С. 12–14.
2. Лубенцов В.Ф. Системы автоматического управления процессами ферментации: монография. – Ставрополь : СевКавГТУ, 2005. – 200 с.
3. Модели развития автоматизации производства. – URL : [https://studbooks.net/1424067/tovarovedenie/modeli\\_razvitiya\\_avtomatizatsii\\_proizvodstva](https://studbooks.net/1424067/tovarovedenie/modeli_razvitiya_avtomatizatsii_proizvodstva) (дата обращения: 15.10.2021).

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ  
КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННЫМИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ**



**FEATURES OF BUILDING A DISTRIBUTED ENTERPRISE CORPORATE  
NETWORK TO PROVIDE INFORMATION AND COMPUTING RESOURCES**

**Медведев Ю.С.**

доктор технических наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
ysm-73@yandex.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
rx6da@mail.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы особенности построения распределенной корпоративной сети предприятия для обеспечения информационными и вычислительными ресурсами. Авторами проведен анализ доступа к информационным ресурсам автоматизированных систем управления предприятия.

**Ключевые слова:** информация, корпоративные сети, распределенные сети, предприятие, информационные ресурсы, корпоративный портал, web-интерфейс.

**Medvedev Yu.S.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
ysm-73@yandex.ru

**Terekhov V.V.**

PhD of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
rx6da@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes the features of building a distributed enterprise corporate network to provide information and computing resources. The authors analyzed access to information resources of automated enterprise management systems.

**Keywords:** information, corporate networks, distributed networks, enterprise, information resources, corporate portal, web-interface.

При формировании единой системы автоматизации деятельности территориально распределенных предприятий, остро встает проблема объединения информационных потоков в рамках единой среды. При этом успешность управления зависит в значительной степени от достоверности и оперативности поступающей информации от удаленных объектов, и определяет качество принятия управленческих решений и ведении нормативно-справочной информации.

Территориально распределенные предприятия функционируют в различных отраслях промышленности (например, машиностроительный комплекс; металлургический комплекс; топливо-энергетический комплекс и др.), и для повышения качества обмена и обработки информации используют корпоративные порталы (КП).

Существующие порталные решения класса B2E (Business-to-Employee) предоставляют руководителям территориально распределенных предприятий (например, транспортировки газа) оперативный доступ к служебной информации, в том числе бухгалтерской, финансовой, производственным данным, данным о запасах на складах, логистических систем, управления персоналом и клиентской базой (например, ERP и CRM). При этом компоненты информационного обеспечения могут реализовываться, как видимые функции (например, персонализация), или скрытые от сотрудников (например, репозиторий метаданных). Сотрудники производственно-диспетчерских служб предприятия транспортировки газа могут взаимодействовать с помощью единого пользовательского интерфейса в рамках реальной отраслевой интеграции данных и приложений. Для этого, корпоративный портал предприятия оснащается мощными инструментами для поиска и категоризации информации, которая содержится в корпоративных приложениях и информационных ресурсах.

В частности, для газотранспортных предприятий характерна координация деятельности сотрудников соседних предприятий на стыках зон ответственности, в рамках оперативного диспетчерского управления, связанная с функционированием следующих подсистем: экологического мониторинга; диспетчерских приложений; комплексного анализа показателей эксплуатации и оценки состояния; мониторинга режимов работы обо-

рудования; диагностики сложных участков; управления бригадами ремонта; управления и заказа материально-технических ресурсов; технического обслуживания, ремонта и обеспечения надежности оборудования, и усложняется большим количеством разнообразного оборудования (технологические объекты магистральных газопроводов, подземные хранилища газа, компрессорные станции) и взаимосвязанных технологических процессов [1].

Развитие корпоративных порталов распределенных предприятий транспортировки газа в части обмена и обработки данных осуществляется в нескольких направлениях.

Первое направление проявляется в расширении сферы дополнительных функций, которые могут быть созданы для пользователей, обменивающихся информацией в определенном режиме (например: образование замкнутых групп в портале; хранение массивов данных в оборудовании элементов портала; регулирование доступа к получателям информации или доступа к исходящему потоку данных) [3].

Второе направление проявляется во введении специальных алгоритмов обмена и обработки данных, предназначенных для: сокращения времени доставки информационных массивов; регулирования информационного потока, вводимого в среду корпоративного портала с целью улучшения вероятностно-временных характеристик и целесообразных параметров передачи [2].

Существующие концепции создания корпоративных порталов предприятий транспортировки газа, не в полной мере, удовлетворяют потребности сотрудников в организации их совместной деятельности из-за скорости обмена и обработки производственных данных, что приводит к необходимости разработки новых специализированных алгоритмов сокращения времени доставки производственных данных.

Используемые технические решения корпоративных порталов предприятий транспортировки газа остро нуждаются в новых средствах интеллектуального обеспечения и защиты процесса обмена и обработки производственных данных, т.к. предусматривают элементарную авторизацию пользователей по паролю и логину, а также контроль доступа к информационным ресурсам на уровне приложений. Возможности несанкционированного воздействия на поток данных через среду корпоративного портала не учитываются.

С учётом того, что часть информации, циркулирующая в «закрытой» части портала, относится к категории «коммерческая тайна», то должны быть приняты меры по разграничению прав доступа, контролю за циркуляцией информационных потоков. Особое значение для предприятий транспортировки газа имеет своевременное доведение диспетчерских заданий, особенно при возникновении аварийных и нештатных ситуаций. В этих случаях широкое распространение получило речевое управление, с доведением распоряжений на основе использования голосового потока данных. Это тем более важно так, как объекты предприятий транспортировки газа и нефти относятся к опасным производственным объектам.

В настоящее время в автоматизированные системы управления территориально распределённых предприятий активно внедряются приложения, для качественного взаимодействия с партнерами, клиентами и просто посетителями сайтов компании, число таких проектов стремительно растёт.

Таким образом, современные компании создают коммуникационную инфраструктуру, позволяющую превратить интернет в один из инструментов ведения бизнеса.

Разработка коммуникационной инфраструктуры корпоративного портала распределённых предприятий позволяет предоставлять клиентам и сотрудникам актуальную информацию, а так же обеспечить своевременную обработку поступающих от них данных.

Корпоративный портал – это совокупность внутренней коммуникационной среды предприятия и программных комплексов, обеспечивающих доступ сотрудников и партнеров к требуемым информационным и вычислительным ресурсам предприятия, обычно через персонифицированный защищенный web-интерфейс, который обеспечивает разграничение доступа к данным для внутреннего пользования. Доступ может получать не только конкретный сотрудник, но и приложения, выполняющие организацию работы территориально разнесенных предприятий, которые решают задачи, связанные и жестко ограниченные во времени.

Таким образом, доступ к информационным ресурсам автоматизированных систем управления предприятия (в том числе систем управления документооборота, групповой работы, корпоративных хранилищ данных, управления деловыми процессами) обеспечивается через единую точку входа в среду корпоративного портала предприятия. Необходимо отметить, что корпоративные порталы территориально распределённых предприятий транспортировки газа обеспечиваются мощными инструментами поиска и структуризации информации, содержащейся в корпоративных приложениях, а также в информационных ресурсах среды портала.

**Список литературы:**

1. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование мультимедийного контента лекционного характера // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 327–329.
2. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Обеспечение заданного уровня устойчивости сетевых информационных систем // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 433–435.
3. Брейтнер А.А., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Оптимизация работы динамичных интерактивных WEB-приложений // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 31–35.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Автоматизация функционального тестирования web-приложений // В журнале «Современные наукоемкие технологии». – 2016. – № 5-1. – С. 58–61.
5. Кандуко М.Х., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Разработка высокопроизводительных web-приложений // В сборнике: V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина. – Краснодар, 2015. – С. 148–152.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Проектирование интерактивных WEB-приложений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 43.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Достижение максимальной производительности ajax-приложений // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 121.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Увеличение скорости загрузки web-приложений // В журнале «Успехи современной науки». – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 181–185.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Структура углубленного трафика информационной сети // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2020. – С. 370–372.
10. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Управление рисками безопасности в корпоративных информационных сетях // В сборнике: IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – 2020. – С. 399–402.
11. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2020. – №7. – С. 24–26.
12. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
13. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
14. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
15. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

УДК 665.761

**МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МОТОРНОГО МАСЛА  
ПО ЕГО ЦВЕТУ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ**



**METHOD OF QUALITY CONTROL OF ENGINE OIL  
BY ITS COLOR FOR COMMERCIAL VEHICLES**

**Руденко И.А.**

бакалавр,  
Кубанский государственный технологический университет  
nirovaslan@list.ru

**Ниров А.Д.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
nirovaslan@list.ru

**Шевцов Ю.Д.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
shud48@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные методы определения качества моторного масла. Описаны основные аспекты изменения цвета моторного масла в ходе эксплуатации. А также обоснована возможность контроля качества моторного масла по его цвету.

**Ключевые слова:** моторное масло; лабораторные методы контроля; оперативные методы контроля; цвет моторного масла; параметр цвета моторного масла.

**Rudenko I.A.**

Bachelor,  
Kuban State Technological University  
nirovaslan@list.ru

**Nirov A.D.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
nirovaslan@list.ru

**Shevtsov Yu.D.**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
shud48@mail.ru

**Annotation.** The basic methods of determination of quality of motor oil are considered in this article. The basic aspects of discoloration of motor oil are described. And a checking of quality of motor oil feature is reasonable on his color.

**Keywords:** motor oil; laboratory methods of control; operative methods of control; color of motor oil; parameter of color of motor.

**Введение.** Необходимость замены моторного масла не подлежит сомнению, именно от его состояния будет зависеть правильность работы двигателя, смазывание подвижных пар, охлаждение силового агрегата и удаление различных загрязнений.

Современные двигатели работают в условиях повышенных нагрузок, они высокофорсированные, часто оборудованы турбинами для улучшения мощностных характеристик и снижения расхода топлива. Именно поэтому масло в современных двигателях необходимо менять как можно чаще, что и позволяет исключить преждевременный износ двигателя. Качественное минеральное масло будет иметь многочисленные моющие присадки, которые в процессе эксплуатации автомобиля моют двигатель, в масле накапливается сажа и прочие отложения, что приводит к почернению масла, которое необходимо своевременно менять [1, 2, 6, 9].

Устаревшие смазочные масла, потерявшие свои технологические свойства, необходимо своевременно заменять. Чрезмерное увеличение сроков замены масла приводит к форсированному износу деталей в результате роста в высокотемпературной зоне двигателя смолистококсовых отложений и снижению вязкостнотемпературных свойств масла. Однако замена масла раньше срока экономически не целесообразна, увеличивает расходы на эксплуатацию автотранспортного средства [8, 10].

Заводы-изготовители различных марок рекомендуют замену масла после прохождения 10–30 тыс. км. в зависимости от модели автомобиля. Зачастую, водители автомобилей, которые эксплуатируют авто по трассе, меняют масло после прохождения 13 тыс. км. Водители, передвигающиеся по городу, производят замену масла после 8–11 тыс. км.

В зависимости от типа двигателя, режимов его работы, качества применяемого масла и других факторов комплекс браковочных параметров моторного масла может быть различным. Основными из них являются вязкость, температура вспышки, плотность, сульфатная зольность и др. [1, 2, 4, 6, 9].

Моторные масла – масла, применяемые главным образом для снижения трения между движущимися деталями поршневых и роторных двигателей внутреннего сгорания.

Все современные моторные масла состоят из базовых масел и улучшающих их свойства присадок. В качестве базовых масел обычно используют дистиллятные и остаточные компоненты различной вязкости (углеводороды), их смеси, углеводородные компоненты полученные гидрокрекингом и гидроизомеризацией, а также синтетические продукты (высокомолекулярные углеводороды, полиальфаолефины, сложные эфиры и другие). Большинство всесезонных масел получают путём загущения маловязкой основы макрополимерными присадками.

Условные эксплуатационные характеристики (по возрастанию качества), в % (минеральное базовое масло принято за 100 %):

- Минеральное, обычного качества – 100 %
- Гидрокрекинговое, полусинтетическое – 200 %
- Синтетическое, полиальфаолефиновое – 300 %
- Синтетическое, эстеровое – 500 %

По классификации Американского института нефти (API) базовые масла подразделяются на пять категорий:

- Группа I – базовые масла (обычные минеральные);
- Группа II – высокорасфилированные базовые масла (масла, прошедшие гидрообработку – улучшенные минеральные);
- Группа III – базовые масла с высоким индексом вязкости, полученные методом каталитического гидрокрекинга (НС-технология);
- Группа IV – синтетические базовые масла на основе полиальфаолефинов (ПАО);
- Группа V – другие базовые масла, не вошедшие в предыдущие группы. В эту группу входят другие синтетические базовые масла и базовые масла на растительной основе — эфиров или эстеров.

Химический состав минеральных основ зависит от качества нефти, пределов выкипания отбираемых масляных фракций, а также методов и степени их очистки. Минеральная основа – самая дешевая. Это продукт прямой перегонки нефти, состоящий из молекул разной длины и разного строения. Из-за этой неоднородности – нестабильность вязкостно – температурных свойств, высокая испаряемость, низкая стойкость к окислению. Минеральная основа – самая распространенная в мире моторных масел.

Совершенствование минеральных базовых масел проводится по двум основным направлениям. Первое, при котором масло очищается только до такой степени, чтобы в нем осталось оптимальное содержание смол, кислот, соединений серы, азота и, дополнительно, вводятся присадки для улучшения некоторых функциональных свойств. Такой метод не позволяет получить масла достаточно высокого уровня качества. Второе направление, при котором базовое масло полностью очищается от всех примесей и проводится молекулярная модификация методом гидрокрекинга. В результате получается масло, обладающее ценными свойствами для тяжелых режимов работы (высокая стойкость к деформациям сдвига при высоких скоростях, нагрузках и температурах, высокий индекс вязкости и стабильность параметров).

### **Методы контроля моторного масла**

Методы контроля моторного масла предназначены для установления его предельного состояния и определения срока их службы. Это является основной задачей при решении проблемы повышения экономичности и увеличения ресурса двигателей [8, 10]. Все существующие методы контроля состояния моторного масла можно разделить на два вида: лабораторные и оперативные.

### **Лабораторные методы контроля**

Лабораторные методы контроля стандартизованы ГОСТ и включают определение плотности, наличия осадков, кислотного и щелочного чисел, кинематической вязкости, температуры вспышки. Результаты таких методов могут быть получены до-

статочно оперативно и с высокой точностью. К тому же не предъявляются высокие требования с точки зрения профессиональных знаний к исполнителям, которые могут выполнять анализ и давать оценку качества смазочных масел. Поэтому данные методы довольно просты в плане технического решения, но в свою очередь обычно требуют использования специального оборудования для анализа качества масла.

### **Оперативные методы контроля**

Оперативные методы диагностики включают определение следующих показателей: вязкость, диэлектрическая проницаемость, электропроводимость, коррозионная активность, кислотные и щелочные числа, оптическая плотность др. Эти показатели отражают степень окисления масла, его загрязненность продуктами износа, топлива, охлаждающей жидкостью, продуктами деструкции, концентрацию воды. Примером этого метода является модель, описанная в Патенту на полезную модель RU 184851 U1, 12.11.2018 [3].

Несмотря на то, что оперативные методы обладают недостаточной информативностью по сравнению с лабораторными, их применение менее затратное с экономической точки зрения.

Вишняков А.В., считает, что: «для контроля качества моторного масла возможно введение универсального параметра, который будет указывать на необходимость замены масла» [4–5]. Одним из таких параметров он выделяет цвет. Цвет моторного масла изменяется на протяжении его наработки, зависит в совокупности от всех параметров, характеризующих эксплуатационные свойства масла. Корреляция характеристик масла с его цветом позволяет воссоздать базу данных образцов цвета разнообразного ассортимента масел при различных их состояниях.

### **Метод контроля качества моторного масла по его цвету для коммерческих автомобилей**

Применение данного метода заключается в сравнении цвета не работавшего свежего масла с цветом пробы масла, взятой на анализ в процессе эксплуатации транспортного средства. В качестве основных показателей, характеризующих пригодность смазочного материала, этот метод использует степень общего загрязнения продуктами окисления, эксплуатации и износа. В совокупности цвет моторного масла в той или иной степени зависит от всех показателей [6].

Изменение цвета является одним из наиболее простых браковочных параметров моторного масла. Иногда масло уже после небольшого пробега двигателя и заливки свежего масла изменяет свой цвет. Хотя это не может оказывать серьезного влияния на работу двигателя, все же изменение цвета масла является поводом для потребителя предъявлять претензии к его качеству и стабильности.

Изменение цвета масла до темно-коричневого в бензиновых двигателях обуславливается накоплением нагара. Нагар, образующийся при работе двигателя в результате неполного сгорания топлива в камере сгорания, прорывается через рабочую часть поршня и попадает в масло, загрязняя его. Небольшое количество нагара способно существенно изменить цвет масла. В бензиновых двигателях масло обычно загрязняется при работе двигателя на богатой смеси или при малом газе. В дизеле масло загрязняется при неправильной работе форсунок.

Чем выше степень окисления масла – тем темнее его цвет и тем быстрее моторное масло стареет. Старение масла напрямую зависит от его температуры во время работы и времени эксплуатации его в двигателе. В результате сложных химических реакций, где задействованы молекулы кислорода и углеводородных соединений, меняется химическая структура масла, что влечет за собой изменение его цвета [7].

В современные моторные масла добавляют различные моющие присадки, задача которых – растворение продуктов неполного сгорания топлива. Растворяющиеся в процессе работы двигателя в масле мельчайшие частицы отложений являются причиной потемнения масла. В научной работе Задорожной Е.А., Оводова П.В. высказывается мнение, что: «...современные моторные масла должны отвечать многим требовани-

ям, в том числе: мощная, термическая и термоокислительная стабильности, противозносные свойства; отсутствие коррозионного воздействия на материалы деталей двигателя; стойкость к старению; пологость вязкостно-температурной характеристики; малая вспениваемость при высокой и низкой температурах» [9].

Помутнение цвета моторного масла вызывается присутствием в нем воды, которая попадает в результате конденсации влаги из продуктов сгорания смеси вследствие неудовлетворительного термостатического контроля или плохой вентиляции картера, а также негерметичности системы охлаждения. Помутнение обуславливается также образованием эмульсии масла с водой. В некоторых случаях присутствие влаги в масле может маскироваться сильным почернением от содержащихся в масле частиц нагара [1, 10].

Важным параметром контроля качества масла является скорость и интенсивность изменения цвета масла. Скорость изменения цвета масла напрямую зависит от качества топлива и условий эксплуатации автомобиля. Чем ниже качество топлива, тем больше образуется отходов продуктов сгорания, масло темнеет быстрее и менять его нужно, соответственно, чаще. Например, при повышенных нагрузках на двигатель или низком качестве топлива моторное темнеет заметно быстрее, поскольку в таких условиях в него попадает большее количество продуктов сгорания.

Хотя изменение цвета в основном свидетельствует о работе моющих присадок, но масла, быстро окрашивающиеся в темный цвет, не желательны для работы двигателя, так как могут быть причиной образования осадков. При высоком содержании (более 1 %) отложений в масле возникают нежелательные явления в работе двигателя, нарушается работа масляного фильтра, нарушается температурный режим двигателя, изменяется давление в системе смазки [11, 12].

Для реализации метода контроля качества масла по его цвету необходимо исследование в лабораторных условиях изменения эксплуатационных характеристик большого ассортимента моторных масел в процессе эксплуатации и создание базы данных на основе этих исследований. Это возможно при корреляции показателей масел с его цветовыми параметрами. Измерение цвета моторных масел предусматривает использование высокоточного измерительного прибора, в качестве которого возможно использование различных колориметров.

Метод контроля качества моторного масла по его цвету экономически выгоден для предприятий, в автопарке которых находится большое количество автомобилей. Так как для многих автомобилей замена масла может не потребоваться или потребоваться раньше запланированного срока, что уберёжет от дорогостоящего ремонта. Ранняя замена масла будет выгодна предприятию, ведь машина не будет находиться в ремонте, а будет на линии.

**Вывод:** Метод контроля качества моторного масла по его цвету экономически выгоден для предприятий, в автопарке которых находится большое количество автомобилей. Так как для многих автомобилей замена масла может не потребоваться или потребоваться раньше запланированного срока, что уберёжет от дорогостоящего ремонта. Ранняя замена масла будет выгодна предприятию, ведь машина не будет находиться в ремонте, а будет на линии.

#### Список литературы:

1. Джорджи К.В. Моторные масла и смазка двигателей / Пер. с англ. Н.И. Кавериной, А.Б. Виппера. – М. : Гостехиздат, 1959. – 528 с.
2. Севрюгин Н.С., Апатенко А.С. Исследование влияния тепловых нагрузок на надежность газодизельных двигателей транспортных и технологических машин // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. – 2019. – Т. 2. – № 3. – С. 121–128.
3. Куюков В.В., Ниров А.Д., Кочуров И.П. Патент на полезную модель RU 184851 U1, 12.11.2018. Заявка № 2018118249 от 17.05.2018. Устройство контроля качества моторного масла.
4. Патент РФ № 2319946. Способ оценки технического состояния и интенсивности изнашивания узлов трения, работающих в присутствии смазочного материала / В.А. Степанов [и др.] // Опубл. 20.03.2008. Бюл. № 8.
5. Патент РФ № 2473884. Способ диагностики агрегатов машин по параметрам работающего масла / Ю.А. Власов [и др.] // Опубл. 27.01.2013. Бюл. № 3.



6. Логвинов Л.М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости: Учеб. пособие. – М. : ЦНТИ «Поиск», 1992. – 90 с.
7. Построение системы автоматического регулирования и управления режимами работы смазочной системы / Ю.Д. Шевцов [и др.] // Сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар, 2018. – С. 425–430.
8. Авлиёкулов Ж.С., Нарзиев С.О., Магдиев Ш.П. Исследование периодичности замены моторного масла в условиях эксплуатации // Вестник науки и образования, 2021. – № 9-3 (112). – С. 16–19.
9. Задорожная Е.А., Оводов П.В. Диагностирование узлов трения тепловых двигателей по результатам анализа смазочного материала // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 4 (179). – С. 43–49.
10. Шевцов Ю.Д., Кабанков Ю.А., Федотов Е.С. Определение периодичности технического обслуживания двигателей внутреннего сгорания по значению параметров систем смазки // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – Краснодар, 2014. – № 5 6. – С. 348–353.
11. Разработка способа повышения надежности ДВС путем контроля и управления гидравлическими параметрами системы смазки / Ю.Д. Шевцов [и др.] // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 728–733.
12. Определение опасных режимов работы силовых агрегатов по параметрам системы смазки / Ю.Д. Шевцов [и др.] // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 734–737.

**ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ  
ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**



**DIAGNOSTICS OF ELECTRONIC CONTROL UNITS  
FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES**

**Журавлев М.М.**

магистрант,  
Кубанский государственный технологический университет  
shud48@mail.ru

**Шевцов Ю.Д.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
shud48@mail.ru

**Ниров А.Д.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
nirovaslan@list.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен метод диагностирования электронных блоков управления двигателями внутреннего сгорания путем поэтапной проверки с использованием комбинаций различных технических средств.

**Ключевые слова:** алгоритм, блок управления, исполнительные органы, приборы, неисправности.

**Zhuravlev M.M.**

Master's Student,  
Kuban State Technological University  
shud48@mail.ru

**Shevtsov Yu.D.**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
shud48@mail.ru

**Nirov A.D.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
nirovaslan@list.ru

**Annotation.** The article discusses a method for diagnosing electronic control units for internal combustion engines of transport and technical systems for various purposes by means of a step-by-step check using combinations of various technical means.

**Keywords:** algorithm, control unit, executive bodies, devices, malfunctions.

**В**торая половина XX века ознаменована значительным усовершенствованием электроники и внедрением электронных систем во все сферы жизни. Исключением не стали двигатели энергетических установок, ГТД авиационных установок, двигатели автомобильного транспорта. Применение электроники позволило добиться автоматизации в управлении различными системами автомобиля, адаптировать работу этих систем для различных условий движения. Результатом успешного внедрения электронных систем управления стало повышение удельной мощности, снижение расхода топлива и выброса вредных веществ в окружающую среду, появление систем активной и пассивной безопасности, значительно снизивших количество дорожно-транспортных происшествий и пострадавших в их результате.

Однако положительные стороны такого внедрения ожидаемо поставили перед человеком и новые проблемы, одной из которых является возросшая сложность диагностирования и устранения неисправностей. Если еще 50 лет назад для диагностики был достаточен набор простейших инструментов и измерительных приборов, то в наше время выявление неисправностей, не говоря уже об их устранении, невозможно без применения сложных диагностических стендов. К тому же, электронные системы управления автомобилем за счет резко возросшей сложности имеют пониженную надежность, что вызывает новые типы сбоев и неисправностей. Зачастую без современного диагностического оборудования невозможно даже локализовать источник неисправности.

### **Анализ публикаций**

Современное диагностическое оборудование представляет собой интерфейс связи между электронным блоком управления двигателем (ЭБУ) и специалистом-диагностом [1]. Использование диагностических средств позволяет получить доступ к внутренней памяти ЭБУ, получить информацию о неисправностях и тестах исполнительных механизмов в числовом или графическом виде.

Использование современного диагностического оборудования невозможно без поддержки соответствующими информационными системами – базами данных, содержащими информацию о контролируемых и проверяемых параметрах, информацию о размещении и цоколевке диагностических разъемов (рис. 1), бортовом оборудовании поддерживаемого работу двигателей внутреннего сгорания различного назначения [2–4].

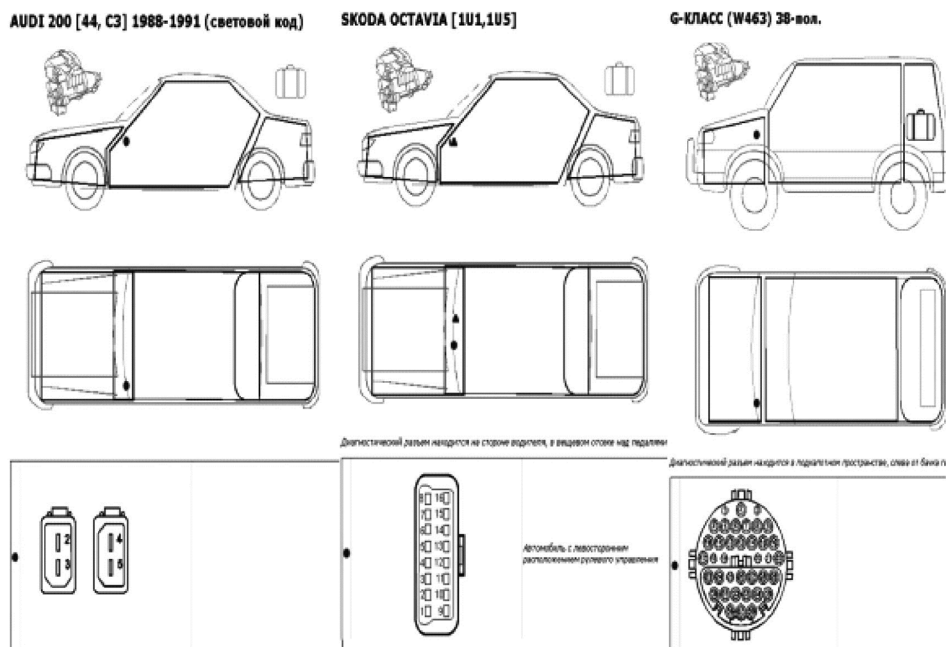


Рисунок 1 – Типы диагностических разъемов

На современном этапе развития науки и техники, данные параметры могут быть получены только от разработчиков автомобильного транспорта, так как введение электроники практически полностью исключают реверс-инжиниринг системы, как «черного ящика».

### Методика диагностирования электронных блоков автомобиля

Значительная роль в первичной диагностике двигателей внутреннего сгорания отводится системам внутренней самодиагностики [3–5]. Данная подсистема работает путем сравнения контролируемых параметров с эталонными, и в случае выхода контрольного параметра за допустимые пределы, производится запись в память неисправностей. Значения в памяти неисправностей содержат тип (код) неисправности и дополнительные данные, способствующие локализации проблемы – тип неисправности, характер – единичный или систематический и т.д. Если отклонение носило единичный характер, и не повторяется в дальнейшей эксплуатации транспортного средства, то запись из внутренней памяти ЭБУ удаляется.

Подключив диагностический стенд через интерфейс диагностического разъема автомобиля, специалист может получить данную информацию в удобном для восприятия виде. Например, для диагностических систем BOSCH, данная информация может иметь вид, показанный на рисунке 2.

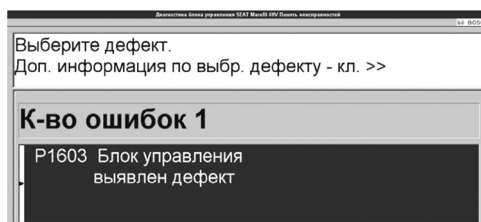


Рисунок 2 – Считывание информации из памяти неисправностей ЭБУ

Многие неисправности, влияющие на выбросы вредных веществ в атмосферу, имеют стандартизированные коды.

В большинстве случаев, получаемая от систем самодиагностики информация достаточна для проведения диагностики и дальнейшего ремонта. Однако, результаты самодиагностики могут приводить к ошибочным выводам – например, неисправность расходомера воздуха будет сигнализировать о высоком содержании кислорода в выхлопных газах, и система самодиагностики покажет неисправность лямбда-зонда. Помимо этого, система самодиагностики не может обнаружить неисправностей в ЭБУ, например, таких как повреждения ячеек памяти. В данных ситуациях необходимо применение других методов диагностики.

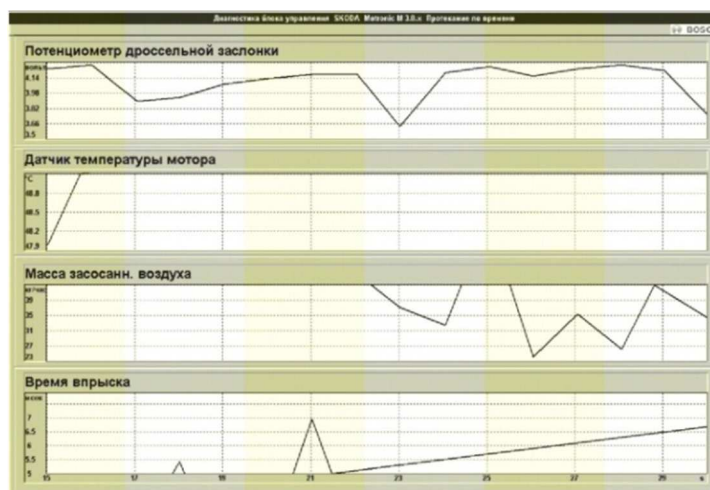
Признаками неисправностей ЭБУ является отсутствие сигналов управления исполнительными механизмами, отсутствие реакции на сигналы от датчиков, связи с диагностическим прибором. Также, зачастую неисправность ЭБУ можно выявить визуально по наличию механических и тепловых повреждений.

Основные причины неисправностей ЭБУ – неквалифицированное вмешательство в электронные системы автомобиля при проведении ремонта, отключение аккумуляторной батареи при работающем двигателе, пуск стартера при отсоединенной силовой шине, попадание воды в ЭБУ, механические повреждения.

Алгоритм проведения диагностики ЭБУ следующий:

- считывание кодов неисправностей;
- визуальная проверка;
- измерение фактических параметров;
- тестирование исполнительных механизмов;
- проверка ЭБУ путем замены на заведомо исправный.

Если проверка памяти и визуальный осмотр не дают результатов, выполняется проверка фактических параметров на работающем двигателе. Количество одновременно считываемых фактических параметров зависит от типа ЭБУ. Чем больше данное количество – тем выше качество диагностики. Вывод значений параметров производится либо в графическом (рис. 3), либо в текстовом (рис. 4) виде.



**Рисунок 3** – Графический вывод фактических параметров

Потенциометр дроссельной заслонки	4.180 вольт
Датчик температуры мотора	27.0 °C
Масса засосанн. воздуха	24.740 кг/час
Время впрыска	3.71 мсек

**Рисунок 4** – Текстовый вывод значений фактических параметров

Сравнивая полученные значения параметров с эталонными, и проводя анализ динамики их изменений, можно построить вероятностную модель неисправностей и локализовать их возможное местонахождение.

При выявлении ряда неисправностей двигателя необходимо производить тест исполнительных механизмов. Суть данного тестирования сводится к проверке исправности исполнительных органов и соединяющих их с ЭБУ цепей. Данный тест проводится только при включенном зажигании. В процессе тестирования производится наблюдение за срабатыванием исполнительных органов при подаче управляющих воздействий (рис. 5).

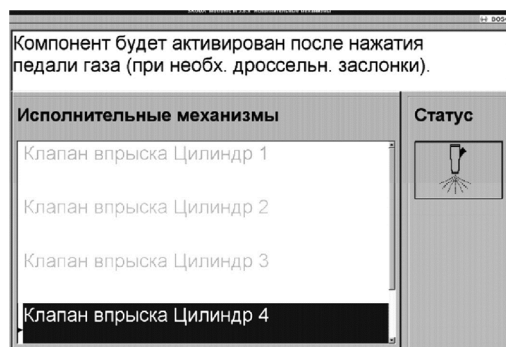


Рисунок 5 – Тест исполнительных механизмов

Кроме ошибок в работе исполнительных механизмов, в ходе проведения данного типа тестирования, могут распознаваться дефекты соединений за счет контроля выходного сигнала корректирующими каскадами и корреляционного анализа выходных параметров.

Входные сигналы получают от генераторов и рассчитывают на основе данных датчиков. Данные сигналы влияют на алгоритм расчетов и на сигналы управления исполнительными механизмами. ЭБУ через бортовой интерфейс связи CAN может обмениваться данными с другими электронными системами управления, таким образом интегрируясь в общую систему управления.

Комбинированная диагностика с использованием как современных диагностических средств, так и простых приборов (вольтметр, компрессометр, индикаторная лампа), является наиболее оптимальной по затратам времени и ресурсов диагностического персонала. Недостатком этого вида диагностики являются высокие профессиональные требования к специалистам – диагностам.

#### Список литературы:

1. Карасев В.А., Ройтман А.Б. Доводка эксплуатируемых машин // Вибродиагностические методы. – М. : Додэка-М, 2017.
2. Шевцов Ю.Д., Кабанков Ю.А., Федотов Е.С. Определение периодичности технического обслуживания двигателей внутреннего сгорания по значению параметров систем смазки // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – Краснодар, 2014. – № S6. – С. 348–353.
3. Разработка способа повышения надежности ДВС путем контроля и управления гидравлическими параметрами системы смазки / Ю.Д. Шевцов[и др.] // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 728–733.
4. Определение опасных режимов работы силовых агрегатов по параметрам системы смазки / Ю.Д. Шевцов[и др.] // Механика, оборудование, материалы и технологии: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 734–737.
5. Козицкий В.М., Лысенко М.П., Шевцов Ю.Д. Способ оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания // Авторское свидетельство SU1814044A1, 07.05.1993. Заявка № 4906505 от 31.01.1991.

УДК 621.01

**ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ КИБЕРНЕТИКИ,  
АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В РОССИИ**



**HISTORICAL PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF CYBERNETICS,  
AUTOMATION AND INTELLIGENT CONTROL METHODS IN RUSSIA**

**Романенко Т.М.**

Кубанский государственный технологический университет  
tanyarom69@mail.ru

**Терехов В.В.**

студент ИМРИТТС,  
Кубанский государственный технологический университет  
mitya.ivanov.2015@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается современное состояние развития методов кибернетики, автоматизации и интеллектуального управления. Авторы статьи анализируют вклад российских и советских ученых, внесших значительный вклад в развитие методов кибернетики, автоматизации и интеллектуального управления в различных областях промышленности.

**Ключевые слова:** мехатронные машины, робототехнические комплексы, система управления, гибкие линии, мехатронная система, роботы, манипуляторы.

**Romanenko T.M.**

Kuban State Technological University  
tanyarom69@mail.ru

**Terekhov V.V.**

IMRITTS Student,  
Kuban State Technological University  
mitya.ivanov.2015@gmail.com

**Annotation.** The article discusses the current state of development of cybernetics, automation and intelligent control methods. The authors of the article analyze the contribution of Russian and Soviet scientists who have made a significant contribution to the development of methods of cybernetics, automation and intelligent control in various fields of industry.

**Keywords:** mechatronic machines, robotic complexes, control system, flexible lines, mechatronic system, robots, manipulators.

Промышленная революция XVIII–XIX веков создала необходимые условия для механизации производства, в частности за счёт появления энергии пара, бурного развития металлургии и металлообработки, улучшения метрологических характеристик измерительных систем, большего внимания к взаимозаменяемости узлов и деталей. В это время активно развивалась классическая прикладная механика, с появлением механических источников электрической энергии – электромашинных генераторов постоянного и переменного тока и электродвигателей оказалась возможной централизованная выработка энергии, передача её на значительные расстояния и дифференцированное использование на местах потребления.

После изобретения регуляторов напряжения с начала XX века электроэнергия стала использоваться для привода производственного оборудования. Наряду с паровыми машинами, энергия которых распределялась трансмиссионными валами и ременными передачами по станкам, постепенно распространялся и электропривод, вначале вытеснивший паровые машины для вращения трансмиссий, а затем получивший и индивидуальное применение, т.е. станки начали оснащать индивидуальными электродвигателями. Переход от центрального трансмиссионного привода к индивидуальному в 20-х гг. XX века, простота и надёжность индивидуального электропривода позволили создать разнообразные станки-автоматы, многопозиционные агрегатные станки и автоматические линии.

Началось применение автоматизированного оборудования как в тяжёлой, так и лёгкой и пищевой промышленности, совершенствовалась транспортная автоматика, наряду с отдельными автоматами были введены в действие конвейеры с принудительным ритмом движения. Бурный прогресс в области автоматизации (как в развитии теории, так и производстве технических средств) произошёл во время II Мировой войны и после неё продолжался дальнейший бурный рост автоматизации в промышленности, широкое внедрение в производство автоматизированного электропривода: в машиностроении, электростанциях, автоматизировались прокатные станы, нефтеперерабатывающие предприятия, газопроводы. Для производства массовой продукции были при-

менены роторные автоматические линии. Во взрывоопасных химических производствах получило широкое распространение телемеханическое управление процессами. Пищевая промышленность несколько отставала по темпам развития в этом аспекте. В конце 20-х годов с трудами Л.В. Ассура познакомился И.И. Артоболевский, который в 1930 году написал монографию по применению методов Ассура к механизмам сельскохозяйственных машин. Им были написаны работы по кинематике и динамике пространственных механизмов [1].

В конце 1930-х годов В.В. Добровольским и И.И. Артоболевским была предложена единая система классификации механизмов, состоящая из пяти семейств, каждое из которых обладает общностью методов кинематического и динамического исследования. Н.Г. Бруевич впервые вводит в теорию механизмов методы векторного анализа и получает крупные результаты в кинематическом и динамическом анализе плоских и пространственных механизмов. Г.Г. Баранов вносит крупный вклад в теорию пространственных механизмов, решив впервые задачу о положениях семизвенных пространственных механизмов. А.П. Малышев продолжил свои работы по структурному синтезу механизмов, развивая работы Сомова, Гохмана и других.

Без создания научно обоснованной классификации механизмов нельзя было систематизировать их многообразие, развить общие подходы к их анализу и синтезу. Развита классификация механизмов создала фундамент, на базе которого можно было развивать не только вопросы структуры, но и вопросы кинематики и динамики, а позднее и вопросы контроля и управления. Благодаря работам Н.П. Раевского по методам измерений механических величин продолжают развиваться и современные работы по экспериментальной технике в теории машин и механизмов [1].

В связи с необходимостью отходить от традиционных машин, служащих инструментом для работающего на них человека, к машинам автоматическим: И.И. Артоболевский совместно с С.И. Артоболевским, В.А. Юдиным и Г.А. Шаумяном создали монографию в двух томах по анализу машин-автоматов, в которой изложены методы анализа механизмов машин автоматического действия и показана общность подхода к задаче, в частности – в пищевой, полиграфической и станкостроительной промышленности [1].

Постепенно стало ясно, что требуется всё большая гибкость устройств и необходимо развивать новые подходы для их создания. Рассмотрев механизмы для образования плоских кривых, воспроизводящих различные математические функции, приняв во внимание, что любую алгебраическую функцию можно воспроизвести совокупностью рычажных механизмов И.И. Артоболевский сделал вывод, что могут быть воспроизведены и другие классы функции, в том числе, и со многими переменными, процессы дифференцирования и интегрирования. Поскольку использование метода «наслоения» (метод Асура), когда требуемые для воспроизводства функции расчленились на простейшие узлы, выполнявшие те или иные элементарные операции приводило к слишком сложным результатам, мало применимым на практике, то он пошел по другому пути, пытаясь создавать механизмы более простые по структуре, воспроизводившие сразу требуемую функцию. Для этого использовал принципы инверсии, системы преобразователей, дополнительно присоединяемые группы и т.д. Механизмы получались более простыми, но все-таки сложными и с малым быстродействием. Примерно с 1943 года исследовал вопрос о том, нельзя ли моделировать с помощью электротехнических средств механические системы с жесткими звеньями.

Становилось ясным, что подобные системы с успехом могут быть использованы для управления машинами-автоматами. Ознакомившись из доклада М.А. Гаврилова о «Алгебре Буля», понял, какое это могучее средство для создания рациональных систем управления [1]. Стала очевидной необходимость к использованию электрических схем для питания и электронных для управления механическими системами, так и необходимость нового математического аппарата для их проектирования и использования.

В 1986 году в издательстве «Высшая школа» вышло учебное пособие

«Робототехника и гибкие автоматизированные производства» в 9 книгах [12], в котором были собраны основные результаты научных исследований, применимых в построении гибких автоматизированных линий и приведено большое количество примеров решения практических задач: рассмотрены теоретические и практические во-

просы построения робототехнических систем с элементами искусственного интеллекта; приведены основы теории формальных языков и грамматик, теории алгоритмов и теории решения задач; описаны методы машинного анализа сцен и доказательства теорем, принципы построения интеллектуального интерфейса на основе диалоговых систем, рассмотрены структура и функции робототехнических комплексов и гибких автоматизированных производств (ГАП) в различных отраслях промышленности: электронной, машиностроительной, приборостроительной; описаны принципы проектирования, разработки, внедрения и эксплуатации систем; рассмотрены вопросы типизации и унификации технических решений с целью их распространения на другие отрасли промышленности. Также были изложены современные методы проектирования, основанные на моделировании функциональных, информационных и управленческих структур технологического проектирования гибких производственных систем с целью определения структуры программно-технических компонент системы автоматизированного проектирования.

Можно сделать вывод, что сочетания несложных средств обнаружения (оптических энкодеров, датчиков положения) с электрическими приводами механических систем позволило резко расширить сферу их применимости, повысить гибкость работы и сократить количество ручного труда в промышленности.

Основные успехи современных систем управления роботами связаны со значительным прогрессом в области электронных управляющих устройств, программных систем, цифровых видеотехнологий. Машинное зрение – это применение компьютерного зрения для промышленности и производства. В то время как компьютерное зрение – это общий набор методов, позволяющих компьютерам видеть. Областью интереса машинного зрения, как инженерного направления, являются цифровые устройства ввода-вывода и компьютерные сети, предназначенные для контроля производственного оборудования, таких как роботы-манипуляторы или аппараты для извлечения бракованной продукции.

Машинное зрение является подразделом инженерии, связанное с вычислительной техникой, оптикой, машиностроением и промышленной автоматизацией. Одним из наиболее распространенных приложений машинного зрения является: контроль/инспекция промышленных товаров, таких как полупроводниковые чипы, автомобили, продукты питания и лекарственные препараты. Системы машинного зрения для этих целей используют цифровые и интеллектуальные камеры, а также программное обеспечение обрабатывающее изображение для выполнения аналогичных проверок.

Примером использования систем адаптивного управления технологическим манипулятором могут служить разработки компании KUKA, Изначально в них в качестве элементной базы для построения цепей логического управления применялись микропроцессорные комплекты на базе СБИС; для создания корзин широко применялась унификация габаритов и типоразмеров плат, устанавливаемых в корзину отдельного шкафа. Программное обеспечение было жестко привязано к аппаратной реализации системы управления, которая в свою очередь претерпевала со временем изменения эволюционного характера. Для многих версий систем управления роботами KUKA использовались системы числового управления, разработанные фирмой SIEMENS. Так ранние роботы строились с использованием ЧПУ SINUMERIC первого поколения (RCM), а более поздние и совершенные роботы KUKA, 161/60 и KUKA 161/200, строились с использованием ЧПУ SINUMERIC второго поколения RCM2 (RC 20/40) в котором применялся микропроцессор i8086.

Для более точного позиционирования широко использовались двигатели постоянного тока (24 вольта), управляемые отдельно стоящим шкафом приводов. Впоследствии размеры силовых блоков удалось уменьшить, и привода удалось разместить в одном шкафу с системой управления. Современные системы управления типа KR C4 поставляются с операционной системой Windows XP и являются универсальными для работы со всеми типами роботов KUKA. Периферийные устройства оснащены USB-портами, портом Ethernet и опциональным интерфейсом для Profibus, INTERBUS, DeviceNet и PROFINET. Блок управления включает в себя промышленный компьютер, который общается с системным роботом при помощи MFC карты. Сигналы между манипулятором и системой управления передаются посредством, так называемой, DSE-RDW связи. DSE карта находится в блоке управления, RDW – в базе робота. Промыш-



ленные роботы KUKA нашли широкое применение в различных производственных областях, в том числе в пищевой промышленности: они используются для обработки пищевых продуктов, погрузки и разгрузки, паллетирования.

Таким образом, очевидно, что есть все предпосылки для развития научных основ применения мехатронных автоматизированных систем на основе роботоманипуляторов в отечественной промышленности и производствах.

**Список литературы:**

1. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование мультимедийного контента лекционного характера // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 327–329.
2. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Обеспечение заданного уровня устойчивости сетевых информационных систем // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 433–435.
3. Брейтнер А.А., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Оптимизация работы динамичных интерактивных WEB-приложений // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 31–35.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Автоматизация функционального тестирования web-приложений // В журнале «Современные наукоемкие технологии». – 2016. – № 5–1. – С. 58–61.
5. Кандуко М.Х., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Разработка высокопроизводительных web-приложений // В сборнике: V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Краснодар). – 2015. – С. 148–152.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Проектирование интерактивных WEB-приложений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 43.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Достижение максимальной производительности аях-приложений // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 121.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Увеличение скорости загрузки web-приложений // В журнале «Успехи современной науки». – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 181–185.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Структура углубленного трафика информационной сети // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2020. – С. 370–372.
10. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Управления рисками безопасности в корпоративных информационных сетях // В сборнике: IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – 2020. – С. 399–402.
11. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 24–26.
12. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
13. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
14. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
15. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

УДК 004.891.3

## МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ



## METHODOLOGY OF EXPERT SYSTEMS DEVELOPMENT

### Савицкий Ю.А.

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

### Терехов В.В.

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

### Нефедовский В.А.

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены технология разработки экспертных систем. Раскрыты этапы разработки ЭС.

**Ключевые слова:** экспертные системы, идентификация, концептуализация, формализация, тестирование.

### Savitsky Yu.A.

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

### Terekhov V.V.

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

### Nefedovsky V.A.

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the technology of expert systems development. The stages of ES development are disclosed.

**Keywords:** expert systems, identification, conceptualization, formalization, testing.

Разработка интеллектуальных систем существенно отличается от создания обычного программного продукта. Опыт разработки ранних экспертных систем (ЭС) показал, что использование при их построении методологии, принятой в традиционном программировании, либо чрезмерно затягивает процесс создания ЭС, либо вообще приводит к отрицательному результату [1]. Это связано с тем, что неформализованность задач, являющихся прерогативой ЭС, отсутствие завершенной теории ЭС и методологии приводят к необходимости модифицировать принципы и способы построения ЭС в ходе процесса разработки по мере того, как увеличивается знание разработчиков о проблемной области.

В настоящее время сложилась определенная технология разработки ЭС, которая включает следующие шесть этапов [2]: идентификация, концептуализация, формализация, выполнение, тестирование и опытная эксплуатация (рис. 1).

Этап идентификации связан, прежде всего, с осмыслением тех задач, которые предстоит решать будущей ЭС, и формированием требований к ней. Результатом данного этапа является ответ на вопрос, что надо сделать и какие ресурсы необходимо задействовать.

На этапе концептуализации проводится содержательный анализ проблемной области, выявляются используемые понятия и их взаимосвязи, определяются методы решения задач. Этот этап завершается созданием модели предметной области (ПО), включающей основные концепты и отношения.

На этапе формализации все ключевые понятия и отношения выражаются на некотором формальном языке, который либо выбирается из числа уже существующих, либо создается заново. Другими словами, на данном этапе определяются состав средств и способы представления декларативных и процедурных знаний, осуществляется это представление и в итоге формируется описание решения задачи ЭС на предложенном формальном языке.

На этапе выполнения создается один или несколько реально работающих прототипов ЭС, которые оцениваются и совершенствуются на этапах тестирования и опытной эксплуатации.

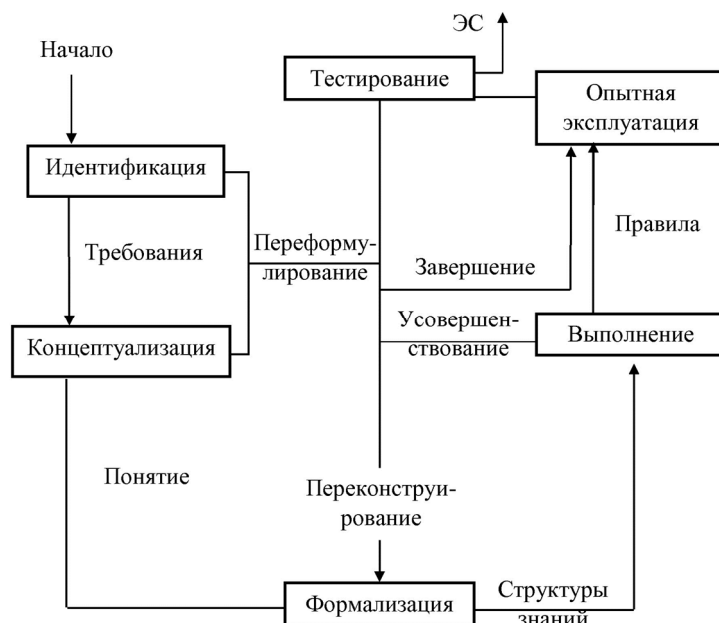


Рисунок 1 – Технология разработки ЭС

Процесс создания ЭС не сводится к строгой последовательности перечисленных этапов. В ходе разработки ЭС приходится неоднократно возвращаться на более ранние этапы и пересматривать принятые там решения. Для более глубокого понимания этого процесса рассмотрим [3], [4] детальное описание выделенных этапов.

Этап идентификации (идентификация задачи, определение участников процесса проектирования и их роли, выявление ресурсов и целей).

Обычно в разработке ЭС участвуют не менее трех-четырёх человек – один эксперт, один или два инженера по знаниям и один программист, привлекаемый для модификации и согласования инструментальных средств. Также к процессу разработки ЭС могут по мере необходимости привлекаться и другие участники. Например, инженер по знаниям может пригласить других экспертов, чтобы убедиться в правильности своего понимания основного эксперта, представительности тестов, демонстрирующих особенности рассматриваемой задачи, совпадения взглядов различных экспертов на качество предлагаемых решений. Кроме того, для сложных систем считается целесообразным привлекать к основному циклу разработки несколько экспертов. Однако в этом случае, как правило, требуется, чтобы один из экспертов отвечал за непротиворечивость знаний, сообщаемых коллективом экспертов.

Идентификация задачи заключается в составлении неформального (вербального) описания, в котором указываются: общие характеристики задачи; подзадачи, выделяемые внутри данной задачи; ключевые понятия (объекты), их характеристики и отношения между ними; входные (выходные) данные; предположительный вид решения, а также знания, релевантные решаемой задаче.

В процессе идентификации задачи инженер по знаниям и эксперт работают в тесном контакте. Начальное неформальное описание задачи экспертом используется инженером по знаниям для уточнения терминов и ключевых понятий. Эксперт корректирует описание задачи, объясняет, как решать ее и какие рассуждения лежат в основе того или иного решения. После нескольких циклов, уточняющих описание эксперт и инженер по знаниям получают окончательное неформальное описание задачи.

При проектировании ЭС типичными ресурсами являются источники знаний, время разработки, вычислительные средства и объем финансирования. Для эксперта источниками знаний служат его предшествующий опыт по решению задачи, книги, известные примеры решения задач, а для инженера по знаниям - опыт в решении аналогичных задач, методы представления знаний и манипулирования ими, программные инструментальные средства. При определении времени разработки обычно имеется в виду, что сроки разработки и внедрения ЭС составляют, как правило, не менее года

(при трудоемкости 5 чел-лет). Определение объема финансирования оказывает существенное влияние на процесс разработки, так как, например, при недостаточном финансировании предпочтение может быть отдано не разработке оригинальной новой системы, а адаптации существующей.

При идентификации целей важно отличать цели, ради которых создается ЭС, от задач, которые она должна решать. Примерами возможных целей являются: формализация неформальных знаний экспертов; улучшение качества решения, принимаемых экспертом; автоматизация рутинных аспектов работы эксперта (пользователя); тиражирование знания эксперта.

Этап концептуализации. На этом этапе эксперт и инженер по знаниям эксплицируют ключевые понятия, отношения (упомянутые на этапе идентификации) и характеристики, необходимые для описания процесса решения задачи. На этапе концептуализации определяются следующие особенности задачи: типы доступных данных; исходные и выводимые данные, подзадачи общей задачи; используемые стратегии и гипотезы; виды взаимосвязей между объектами проблемной области, типы используемых отношений (иерархия, причина – следствие, часть – целое и т.п.); процессы, используемые в ходе решения; состав знаний, используемых при решении задачи; типы ограничений, накладываемых на процессы, используемые в ходе решения; состав знаний, используемых для обоснования решений.

Существует два подхода к процессу построения модели предметной области, которая является целью разработчиков ЭС на этапе концептуализации. Признаковый или атрибутивный подход предполагает наличие полученной от экспертов информации в виде троек объект – атрибут – значение атрибута, а также наличие обучающей информации. Этот подход развивается в рамках направления, получившего название формирование знаний или «машинное обучение» (machine learning) [5].

Второй подход, называемый структурным (или когнитивным), осуществляется путем выделения элементов предметной области, их взаимосвязей и семантических отношений.

Для атрибутивного подхода характерно наличие наиболее полной информации о предметной области: об объектах, их атрибутах и о значениях атрибутов. Кроме того, существенным моментом является использование дополнительной обучающей информации, которая задается группированием объектов в классы по тому или иному содержательному критерию. Тройки объект – атрибут – значение атрибута могут быть получены с помощью так называемого метода реклассификации, который основан на предположении, что задача является объектно-ориентированной и объекты задачи хорошо известны эксперту. Идея метода состоит в том, что конструируются правила (комбинации значения атрибутов), позволяющие отличить один объект от другого. Обучающая информация может быть задана на основании прецедентов правильных экспертных заключений, например, с помощью метода извлечения знаний, получившего название «анализ протоколов мыслей вслух».

При наличии обучающей информации для формирования модели предметной области на этапе концептуализации можно использовать весь арсенал методов, развиваемых в рамках задачи распознавания образов. В условиях качественной, высоко-размерной информации и при отсутствии априорных сведений о структуре анализируемых данных предпочтение среди указанных методов следует отдавать экстенциональным алгоритмам распознавания образов, которые мы постараемся раскрыть в дальнейшем.

#### **Список литературы:**

1. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
2. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С.101–108.

3. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
4. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С.405–408.
5. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
6. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
7. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. Фракталы и их применение // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 130–134.
9. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
10. Мальхина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 199–203.

УДК 004.891.3

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ  
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**



**BUILDING INTELLIGENT DIAGNOSTIC SYSTEMS**

**Савицкий Ю.А.**

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Нефедовский В.А.**

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные направления в создании интеллектуальных компьютерных систем. Дана структура экспертной системы. Дано условное представления знания и способы их реализации.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, обучающие системы, экспертные системы, знания, семантика, прагматика.

**Savitsky Yu.A.**

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Nefedovsky V.A.**

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the main directions in the creation of intelligent computer systems. The structure of the expert system is given. The conditional representation of knowledge and ways of their representation are given.

**Keywords:** intelligent systems, learning systems, expert systems, knowledge, semantics, pragmatics.

**Р**азвитие компьютеров вступило в этап, когда они перестали рассматриваться только как высокопроизводительные электронные арифмометры, а начали активно брать на себя различные функции, традиционно считавшиеся прерогативой интеллектуальной деятельности человека. Предпосылок для такой метаморфозы компьютеров было много. С одной стороны, это техническое совершенствование вычислительных машин (улучшение технологической базы и архитектуры, повышение производительности и надежности, уменьшение габаритов и стоимости), которое сделало их доступными для самого широкого круга людей, не обладающих знаниями профессиональных программистов. С другой стороны, к этому вели разработки, например, в областях игровых программ, доказательства теорем, распознавания образов, машинного перевода, автоматического реферирования, информационного поиска, сочинения текстов и музыки и другие разработки, так или иначе приводящие к результатам или моделирующие процесс получения результата в отдельных видах деятельности человека. Главным фактором явилось осознание и перенесение главного акцента компьютерных разработок с вычислительных программ на программы, осуществляющие представление и манипулирование знаниями из актуальных предметных областей.

В создании интеллектуальных компьютерных систем выделяют следующие основные направления.

Интеллектуальные информационно-поисковые системы (ИИПС). Эти системы отличаются от предыдущего поколения информационно-поисковых систем не только гораздо более обширным справочно-информационным фондом, но и важнейшей способностью формировать адекватные ответы на запросы пользователя даже тогда, когда запросы не носят прямого характера. Иными словами, ИИПС достаточно «умны» для того, чтобы понять недостаточно четко сформулированные вопросы. Другой осо-

бенностью ИИПС является их способность «переваривать» огромные количества информации из разнообразных источников, осуществляя ее автоматическое реферирование и проводя анализ состояний противоречивости и неполноты тех или иных фрагментов знания.

Обучающие системы, которые нередко называют тьюторами (англ. tutor – обучать), являются разновидностью экспертных систем. Тьюторы прежде всего, применяются для профессионального обучения будущих специалистов, и в них на первый план выходят знания о методе. В гуманитарных науках лишь небольшая часть профессиональных знаний специалистов поддается формализации. Поэтому обучающие системы организуются таким образом, чтобы учитывать частичную структурированность данных знаний и быть открытыми для развития и углубления базы знаний. Другой особенностью знания о методах является потенциальная множественность их структуры: то, что один профессионал делает так, другой может делать совершенно иначе [1]. Эта особенность также должна учитываться при проектировании обучающих систем.

Экспертные системы (ЭС) предназначены, главным образом, для решения практических задач, возникающих у специалиста, работающего в слабо структурированной и трудно формализуемой предметной области. Они способны аккумулировать коллективные профессиональные знания квалифицированных экспертов о ситуации эксперимента, особенностях объекта и, может быть, личности самого экспериментатора и могут служить полезным инструментом, содействующим повышению точности диагностики и эффективности планирования мероприятий.

Экспертные системы были первыми системами, которые привлекли внимание потенциальных потребителей продукции искусственного интеллекта. Это случилось, когда появились демонстрационные образцы таких систем, и начали функционировать промышленные прототипы экспертных систем, решавшие реальные задачи в различных областях человеческой деятельности.

Общая структура экспертной системы приведена на рисунке 1. Основу экспертной системы составляет база знаний, в которой хранятся необходимые для решения задач знания о законах предметной области и способах решения, возникающих в этой области задач. Указанные знания специальным образом структурированы, а наполнение базы знаний априорными знаниями отвечает инженер по знаниям. Данный специалист устанавливает связи с авторитетными экспертами и получает от них необходимые сведения, решает задачу формализации полученных знаний и заполнения ими базы знаний. Также в функции инженера по знаниям входит поддержание базы знаний в рабочем состоянии, если экспертная система допускает изменение содержимого базы знаний после ее априорного заполнения.

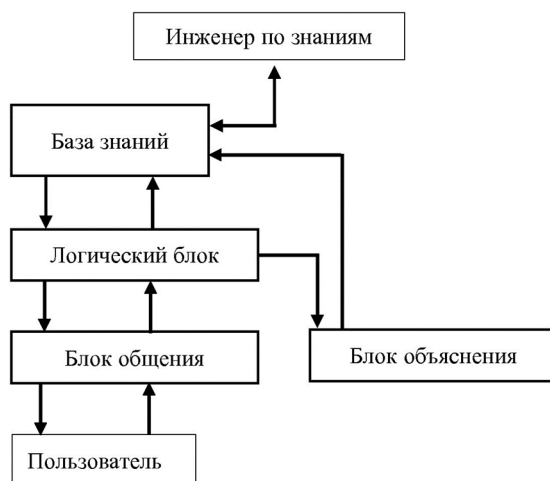


Рисунок 1 – Структура экспертной системы

Вторая важная часть любой экспертной системы – логический блок, или решатель. С его помощью происходит манипулирование знаниями, хранящимися в базе знаний. В нем могут реализовываться, например, процедуры достоверного вывода, ал-

горитмы правдоподобных рассуждений и другие процедуры, предназначенные для выработки экспертных заключений.

Третий блок – блок общения, или интеллектуальный интерфейс – организует взаимодействие пользователя с экспертной системой в удобной для пользователя форме, максимально приближенной к общению людей между собой. В блоке общения используются достижения искусственного интеллекта, касающиеся понимания текстов на естественном языке, а также представления результатов работы экспертной системы в наиболее наглядном и выразительном виде.

Четвертый блок экспертной системы – это блок объяснения. Его функция состоит в выдаче информации, объясняющей и иллюстрирующей путь получения того или иного вывода, если он интересует пользователя. Например, пользователь может сомневаться в предпочтительности одного заключения перед другим. Тогда по запросу на этот счет пользователя экспертная система с развитым блоком объяснения должна аргументированно обосновать тот или иной выбор в качестве наиболее правдоподобного решения.

Любой из перечисленных блоков экспертной системы строится на базе предшествовавших глубоких исследований различных сторон восприятия, представления и анализа информации человеком и компьютером. В то же время кардинальным фактором, обусловившим возможность возникновения интеллектуальных систем, явился переход к парадигме «Представление знаний – Манипулирование знаниями».

В общем случае знания некоторой группы экспертов, заносимые в базу знаний интеллектуальной системы, можно представить в следующем виде (рис. 2).

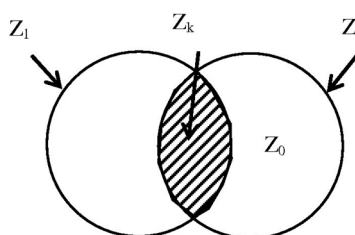


Рисунок 2 – Условное представление знаний

$$Z_k = Z_1 \cap Z_2,$$

где  $Z_1$  – множество знаний, общепринятых в данной предметной области и содержащихся в монографиях, учебниках, справочниках по данному вопросу (так называемые «общие» знания);  
 $Z_2$  – множество знаний, приобретенных специалистами (экспертами) в этой предметной области в процессе их профессиональной деятельности («личные» знания).

Множество знаний  $Z_2$  включает в себя подмножество личных знаний отдельных экспертов. Пересечение множеств  $Z_1$  и  $Z_2$  представляет собой канонизированную часть личных знаний – то, что усвоено экспертами из специальной литературы и в чём нет расхождений между различными экспертами. Но, как видно из рисунка 2, в  $Z_2$  остаётся ещё подмножество  $Z_0$ , которое не имеет пересечения с  $Z_1$  и представляет собой ту часть личных знаний, которая обусловлена профессиональным опытом и интуицией соответствующих специалистов ( $Z_0 = Z_2 \cap Z_1$ ).

В экспертных системах особую ценность имеют слабо-формализованные знания типа  $Z_2$ . В отличие от  $Z_2$  множество  $Z_1$  обычно хорошо структурировано и сравнительно легко формализуемо (в общем случае для представления  $Z_1$  и  $Z_2$  в базе знания могут применяться разные способы) [5].

Чаще всего множество  $Z_1$  характеризуется наличием теории, в то время как в основе  $Z_2$  лежат эмпирические знания. Но, как известно, любая теория это в некотором смысле идеализация предметной области, а, следовательно, и ее упрощение [2]. Эмпирический же материал конкретен, отсюда он сложнее и многообразнее, более гибко и широко описывает предметную область. Знания  $Z_2$  не так «системны», как  $Z_1$ , но зато они не так «искусственны». Кроме того, деление  $Z_2$  и  $Z_1$  не абсолютно. Во-первых, у них



есть общая часть  $Z_k$ ; во-вторых, со временем наиболее плодотворные и подтвержденные практикой гипотезы переходят из  $Z_0$  в  $Z_k$ , а, следовательно, в  $Z_1$ .

Разбиение  $Z_2$  на  $Z_0$  и  $Z_k$  отличается для разных наук. Для гуманитарных наук с их «мягкими» знаниями (преимущественно феноменологическими и качественными) характерно преобладание  $Z_0$ , в отличие от естественных и точных наук с их «жесткими» знаниями (уровень «количественной» теории), для которых очевидно преобладание  $Z_k$ . Различная природа  $Z_k$  и  $Z_0$  порождает разные способы их представления.

В общем виде знания представляются некоторой знаковой (семиотической) системой [3]. С понятием «знак» непосредственно связаны понятия денотат и концепт.

Денотат – это объект, обозначаемый данным знаком, а концепт – свойство денотата. Важными понятиями в семиотических системах являются экстенционал и интенционал. Экстенционал знака определяет конкретный класс всех его допустимых денотатов. Интенционал знака определяет содержание связанного с ним понятия. Соответственно различают интенциональные и экстенциональные знания.

Интенциональные знания – это знания о закономерностях в данной предметной области. Они оперируют абстрактными объектами, событиями и отношениями. Например, такими объектами могут быть шкалы того или иного теста, в качестве отношений могут использоваться отношения, характеризующие жесткость, сбалансированность, дисгармоничность личностных свойств и т.д. Экстенциональные знания представляют собой данные, характеризующие конкретные объекты, события, эмпирические факты. Например, это биографические сведения о каком-либо испытуемом, результаты тестирования конкретного человека и т.п.

В семиотической системе выделяют три аспекта: синтаксический, семантический и прагматический. Синтаксис описывает внутреннее устройство знаковой системы, то есть правила построения и преобразования знаковых выражений. Например, для естественного языка синтаксис определяет правильное построение предложений и связного текста. Семантика определяет отношения между знаками и их концептами, то есть задает смысл или значения конкретных знаков. Прагматика определяет знак с точки зрения конкретной сферы его применения либо с точки зрения субъекта, использующего данную знаковую систему.

В соответствии с перечисленными тремя аспектами семиотических систем выделяют три типа знания [4]: синтаксические знания (характеризуют синтаксическую структуру описываемого объекта или явления, не зависящую от смысла и содержания используемых при этом понятий); семантические знания (содержат информацию, непосредственно связанную со значениями и смыслом описываемых явлений и объектов); прагматические знания (описывают объекты и явления с точки зрения решаемой задачи).

Также выделяют декларативные и процедурные формы представления знаний с предметной области.

Декларативные представления не содержат в явном виде описания процедур, которые необходимо выполнять. Моделирование предметной области в такой форме требует полного описания ее состояния, которое носит синтаксический характер. Вывод и поиск решения опираются в основном на алгоритмы поиска в пространстве состояний, которые сводятся к определению последовательности операторов, отображающих начальные состояния в целевые.

Построение таких алгоритмов связано с учетом специфики конкретной предметной области, то есть с учетом ее семантики. Следовательно, при декларативном представлении синтаксические и семантические знания в определенной мере отделены друг от друга, что придает этой форме представления достаточную универсальность.

Процедурные представления заключаются в задании некоторых процедур в явном виде. Текущее состояние объекта представляется набором программ, обрабатывающих определенный участок базы знаний. Это дает возможность не хранить в базе знаний все возможные состояния, а ограничиться хранением лишь начального состояния и процедуры, генерирующей (выводящей) все описания последующих состояний из начального [6]. При таком представлении знаний семантика вводится в описание элементов базы знаний. Эти представления реализуются с помощью специальных языков (например, типа Плэнер (Planner)). Плэнер – функционально-логический язык про-

граммирования. Разработан в лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института изначально позиционировался как язык для автоматического планирования и диспетчеризации в робототехнике, в дальнейшем получил признание специалистов по искусственному интеллекту как язык, обладающий наиболее адекватным набором выразительных средств для такого рода задач.

Приведенные формы представления знаний в чистом виде практически не встречаются. Конкретные, используемые на практике, модели в равной мере оперируют обеими формами. Каждое из перечисленных направлений заслуживает самостоятельного, глубокого и подробного освещения, что и будет сделано в следующих публикациях.

### **Список литературы:**

1. Зеличенко А.И. Интеллектуальные системы и психологическое знание // В кн.: Компьютеры и познание. – М.: Наука, 1990. – С.69–86.
2. Харлик Р. Структурное распознавание образов, гомоморфизмы и размещения // Кибернет. сб. Новая серия. – М.: Мир, 1983. – № 19.
3. Представление и использование знаний / Под ред. Уэно К., Исидзука М. – М.: Мир, 1989.
4. Назаретов В.М., Ким Д.П. Техническая имитация интеллекта // Кн. 6. Робототехника и гибкие автоматизированные производства. В 9-ти кн. / под ред. И.М. Макарова. – М.: высшая школа, 1986.
5. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
6. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
7. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
8. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
9. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
10. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
11. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
12. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. Фракталы и их применение // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 130–134.
13. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
14. Малыхина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 199–203.

УДК 004.04

**ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА АПШЕРОНСКОГО  
И ТЕМРЮКСКОГО РАЙОНОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ  
СОСТАВЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**



**ESTIMATION OF RECREATION POTENTIAL OF APSHERONSKY  
AND TEMRYUKSKY DISTRICTS OF KRASNODAR KRAI BASED ON  
A COMPILED DATABASE OF GEOINFORMATION SYSTEMS**

**Духова А.**

студентка,  
Кубанский государственный технологический университет  
aduh14012002@gmail.com

**Степанов В.В.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vvs04367@mail.ru

**Степанова М.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
mvs4967@mail.ru

**Аннотация.** В статье проведена оценка рекреационной составляющей двух краевых районов и на основе ГИС технологий показан пример составления базы данных для определенной предметной области – туристической.

**Ключевые слова:** географическая информационная система (ГИС), рекреационные ресурсы, интегрированность, информационная технология, база данных.

**Dukhova A.**

Student,  
Kuban State Technological University  
aduh14012002@gmail.com

**Stepanov V.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
vvs04367@mail.ru

**Stepanova M.V.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
mvs4967@mail.ru

**Annotation.** The article assesses the recreational component of the two regional areas and, based on GIS technologies, shows an example of compiling a database for a specific subject area – tourism.

**Keywords:** geographic information system (GIS), recreational resources, integration, information technology, database.

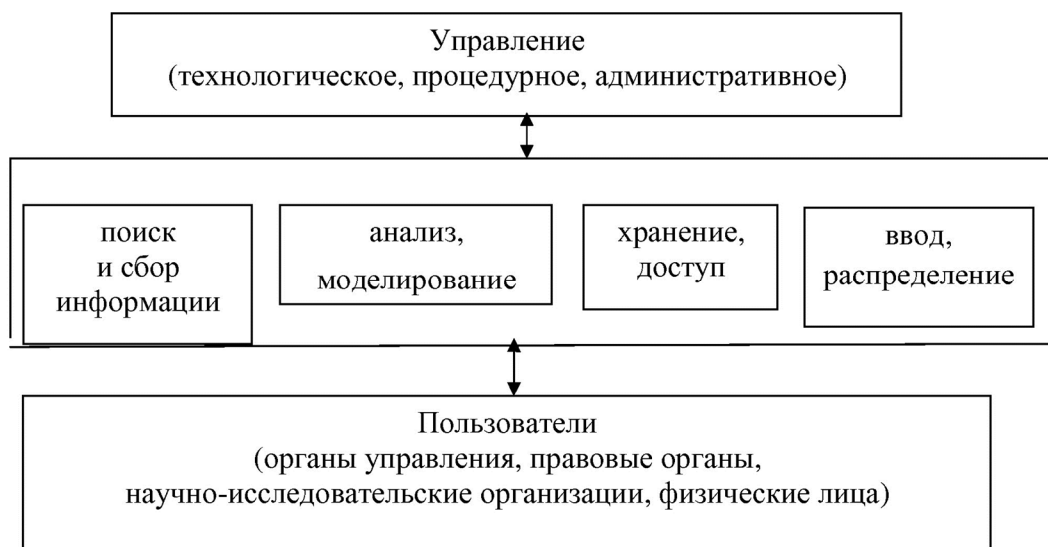
Г ИС (географическая информационная система) – это автоматизированная система, целью которой является накопление данных о необходимых объектах и связанные с этим сбор, хранение и анализ данных. Кроме того, ГИС позволяет визуализировать пространственные данные в двух- и трёхмерных проекциях, что способствует максимально подробно и расширенно изучить ту или иную географическую единицу.

Объекты в ГИС пространственно привязаны, то есть отличительными чертами таких систем является то, что объекты и системы этих объектов рассматриваются с точки зрения их конкретного размещения на поверхности планеты, и изучаются отличительные черты тех или иных явлений, присущих данной области. Это позволяет рассматривать ГИС, как инструмент моделирования геоинформационных систем.

ГИС-технологии обладают отличительной особенностью:

- наглядность пространственного представления результатов анализа баз данных;
- совместное исследование факторов базисной информации, на основе пространственного пересечения;
- возможности изменения пространственной информации по результатам совместного анализа баз базисных и пространственных данных.

При использовании такого рода ссылок для автоматического определения местоположения объекта применяется процедура, которая называется геокодированием, сущность которой заключается в назначении географических идентификаторов (например, таких как географические координаты, выраженные в виде широты и долготы) объектам карты и записям данных. С её помощью можно быстро определить и посмотреть где находится интересующий нас объект. ГИС выполняет множество различных функций, которые представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1**

Геоинформационные системы (ГИС) объединяют в своем составе:

- программный продукт, реализующий геоинформационную технологию,
- базу данных, содержащую координатно-привязанные данные,
- инструменты по накоплению, сбору этих данных и использованию результатов их анализа и моделирования (рис. 2).



**Рисунок 2**

Используя специфические функции ГИС-технологий и их применение в исследовании рекреационных ресурсов отдельно взятой области, оказалось возможным исследовать потенциал двух районов Краснодарского края, тем самым доказать возможность развития экономики края минимизировав долю добывающей промышленности, неблагоприятно влияющих на облик края.

Для того, чтобы полностью отобразить свойства исследуемой области необходимо свести их в базу данных, которая представляет совокупность сведений, удовлетворяющих условиям:

- Интегрированностью (возможность решения задач в различных предметных областях);
- Модельностью;
- Взаимосвязанностью.

ГИС способны выполнять пять различных задач:

- сбор информации, направленной на решение конкретной задачи;
- ввод актуальных данных в базу, причем в большинстве случаев это происходит автоматически при помощи сканера;
- манипулирование данными;
- масштабирование их при необходимости;
- управление данными.

Так как ГИС-технологии могут использоваться в различных областях науки и техники, рассмотрим возможность данных технологий в туристической отрасли, а

именно рекреационные ресурсы Темрюкского и Апшеронского районов, для чего и составлена база данных, сведенная в таблицу 1.

Изучив рекреационную составляющую северо-западного и южного регионов Краснодарского края, можно увидеть, что развивая потенциал исследуемых районов в полной мере можно поддерживать экономику на высоком уровне и за счёт туристической составляющей, что в свою очередь может способствовать улучшению экономической ситуации региона. При чем, нужно отметить, что этого можно добиться, не разрабатывая и не обедняя его недра такими направлениями, как цементодобывающая, нефтедобывающая, нефтехимическая, деревообрабатывающая.

Кроме того, позволит сохранить первозданную красоту невероятно разнообразной природы для следующих поколений и безопасную экологическую обстановку не только для жителей края, но и для гостей из других регионов страны и из-за рубежа.

**Таблица 1**

Район	Рекреационный ресурс района	Достоинства	Недостатки
Темрюкский район	Холм Дубовый Рынок	Великолепная природа, растения, занесённые в красную книгу	Глиняный карьер, который постоянно «наступает» на этот памятник природы
	Карabetова сопка	Грязевой вулкан, извергающий целебные грязи	Имеет низкие эстетические характеристики
	Мыс Железный Рог	Восхитительный вид и морская вода	Труднодоступная дорога
	Мыс Панагия	Восхитительный вид и морская вода	Труднодоступная дорога
	Насаждения индийского лотоса в районе Ахтанизовского лимана.	Живописная природа, неиспорченная деятельностью человека	Видимых недостатков нет
	Лечебные грязи вулканов, иловые грязи лиманов и озер, а также подземные минеральные источники (например оз. Голубицкое)	Целебные свойства недр используются для рекреации повсеместно на протяжении тысячелетий	Имеются противопоказания и непереносимость у отдельных лиц
Апшеронский район	Большая Азишская пещера	Люди, страдающие заболеваниями органов дыхания (ангина, грипп, астма), находясь в пещере, чувствуют значительное облегчение, а при регулярном ее посещении в большинстве случаев выздоравливают.	Людям со слабым здоровьем и нарушением опорно-двигательного аппарата будет достаточно сложно при посещении пещеры
	Гуамка и река Курджипс	Неповторимость Гуамского ущелья заключается в необычной цветовой гамме геологических пластов, составляющих единый горный хребет.	Опасность обвалов, в зимнее время опасность схода лавин. Туристам с детьми нужно будет проявить бдительность, поскольку каньон имеет достаточно резкие обрывы.
	Водопады реки Матузки	Красивые виды не только на сами водопады, но и природа по пути к ним.	Разбитая дорога, требующая проезда на специальном транспорте или пешех маршрутов, которые людям с ограниченными возможностями и слабым здоровьем будет не по плечу
	Чинарев и Университетские водопады		
	Термальные источники	Широкий спектр заболеваний, при которых рекомендуется лечение термальными ваннами.	Существуют противопоказания
	Йодобромный минеральный источник	Широкий спектр заболеваний, при которых рекомендуется лечение минеральными источниками	Имеются противопоказания и непереносимость у отдельных лиц

**Список литературы:**

1. Использование логических операций при моделировании в системе автоматизированного проектирования / Д.Г. Борзов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2019. – С. 135–140.
2. Поверхностное моделирование и создание анимации оригинальных моделей в системе автоматизированного программного комплекса КОМПАС-3D / Г.В.Карангин [и др.] // В сборнике: IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – 2019. – С. 157–162.
3. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
4. Развитие пространственного мышления при создании анимации с использованием автоматизированного программного комплекса / В.В. Степанов [и др.] // В сборнике: Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции, состоявшейся 15 октября 2019 г. – Пенза. – С. 178–182.

УДК 681.5

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ**



**FEATURES OF THE USE OF MICROCONTROLLERS  
IN TECHNOLOGICAL FACILITIES**

**Чумак П.В.**

кандидат технических наук,  
Кубанский государственный технологический университет  
chumak1987@mail.ru

**Чумак И.А.**

магистрант,  
Кубанский государственный технологический университет  
chumak1987@mail.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
rx6da@mail.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы особенности использования микроконтроллеров в автоматизированных системах управления. Основным алгоритмом, используемым в системах автоматизации, является ПИД-алгоритм. Авторами проведен анализ разработки адаптивных систем управления динамическими объектами ПИД-регулирования.

**Ключевые слова:** производство, технологический процесс, система автоматизации, система управления, динамические свойства, ПИД-алгоритм, ПИД-регулятор.

**Chumak P.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Kuban State Technological University  
chumak1987@mail.ru

**Chumak I.A.**

Master's Student,  
Kuban State Technological University  
chumak1987@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
rx6da@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes the features of using microcontrollers in automated control systems. The main algorithm used in automation systems is the PID algorithm. The authors analyzed the development of adaptive control systems for dynamic objects of PID regulation.

**Keywords:** production, technological process, automation system, control system, dynamic properties, PID algorithm, PID controller.

**С**овременное направление развития производства, обусловленное переходом на использование микроконтроллеров, отличается жесткими требованиями, предъявляемыми к качеству выпускаемой продукции, снижением трудозатрат на эксплуатацию и ремонт, а также увеличением роли наукоемких технологий в проектировании систем автоматического управления. Таким образом, промышленные системы управления должны обеспечивать надежное, безотказное и высокоточное функционирование всего производства в целом.

Характерной особенностью процессов, происходящих в объектах теплоэнергетики, является:

- непрерывный характер основных технологических потоков (носителей тепловой и электрической энергий) и дискретный характер вспомогательных технологических потоков, обеспечивающих работу основных потоков;
- значительные единичные мощности энергоблока, что приводит к значительным потерям при профилактике, ремонте, авариях, а также усложнению вспомогательного технологического оборудования;
- сложность технологического процесса и недостаточная его изученность, что не позволяет ограничиться линейным управлением по состоянию;
- высокая экологическая опасность, необходимость обеспечения высокой пожарной, взрывной, электробезопасности.

Структура большинства технологических процессов такова, что точное математическое описание объектов, входящих в их состав, получить весьма затруднительно, а в некоторых случаях и невозможно. Немаловажным является и тот факт, что даже при

такой типичной ситуации, как внедрение нового или ремонт старого оборудования, возникает необходимость корректировки работы управляющих элементов системы. Если помимо этого принять во внимание нестабильность параметров сырья, топлива и наличие неконтролируемых возмущений, то большинство реальных объектов управления можно с уверенностью отнести к классу априорно неопределенных. При этом основными методами синтеза систем подобного рода являются методы адаптивного, робастного и нейро-нечеткого управления [1].

Известно большое число определений того, что следует понимать под обучением, самообучением и адаптацией. Преимущественное распространение получили самонастраивающиеся системы (СС), под которыми принято понимать системы автоматического управления, обладающие способностью приспосабливаться к случайно изменяющимся свойствам объектов управления и процессов в них за счёт оперативного контроля качества переходных процессов. Среди этого класса систем выделяют два принципиально разных типа систем, отличающихся способом выхода параметров на заданный (оптимальный) уровень. Это – поисковые и беспоисковые СС [6].

В беспоисковых СС используется некоторый контролируемый показатель качества управления. Автоматической настройкой параметров этот показатель поддерживается в заданных пределах. В зависимости от вида показателя различают СС с контролем переходных процессов, с контролем частотных характеристик, с эталонной моделью и др. Всё это – замкнутые беспоисковые СС с контуром самонастройки, в котором параметры настройки автоматически изменяются при выходе показателя качества за допустимые пределы.

Основным алгоритмом, используемым в системах автоматизации, является ПИД-алгоритм. ПИД-регулятор был изобретён ещё в 1910 году. Через 32 года, в 1942 году, Циглер и Никольс разработали методику его настройки. После появления микропроцессоров в 1980-х годах развитие ПИД-регуляторов происходило нарастающими темпами.

Естественные направления развития ПИД-алгоритмов управления технологическими процессами, инициированные переходом на современную микропроцессорную технику, отличаются прежде всего поиском решений, обеспечивающих повышение качества автоматического управления, расширение области функционирования автоматических систем регулирования, а также снижение трудозатрат на разработку и внедрение промышленных версий систем. В связи с технической сложностью реализации адаптивных алгоритмов на элементной базе, которая существовала до появления микроконтроллеров, подобные алгоритмы начали использоваться только с середины 80-х [2].

Первые подобные системы, появившиеся в конце 30-х годов прошлого столетия, решали задачу автоматической оптимизации производительности промышленных установок. Основное содержание задачи автоматической оптимизации состояло в поиске и удержании системы на экстремуме ее статической характеристики. Хотя автоматическая оптимизация и не имеет прямого отношения к адаптации систем управления, она может использоваться как способ повышения эффективности управления [11].

Альтернативой идее поиска экстремального значения функционала качества системы управления с использованием метода «проб» и «ошибок» стала «беспоисковая» оптимизация. Применительно к адаптивным системам этот подход к реализации механизма адаптации к неконтролируемым факторам основывался на аналитических вычислениях, тем или иным способом, условий экстремума функционала качества без использования пробных воздействий на объект. Согласно [4] адаптация, самоорганизация, саморегулирование означает постепенное изменение усредненных свойств в стохастической среде функционирования динамической системы.

Способы достижения требуемых динамических свойств самонастраивающихся систем классифицируются по степени сложности этих систем.

а) Системы с высоким контурным коэффициентом усиления. При отсутствии информации об уровне аддитивных возмущений или о величине невязки между математической моделью процесса и реальными физическими процессами в объекте, способ применяется наиболее часто. В теории управления нелинейными объектами регуляторы, позволяющие изменять коэффициент вплоть до бесконечно больших величин в зависимости от величины отклонения от положения равновесия, называют «регуляторами с бесконечной границей роста коэффициента».



б) Системы с изменением параметра по программе согласно заранее заданным условиям работы системы. Пример адаптивной системы, построенной таким образом, приведен в некоторых работах [10], где параметры адаптивного регулятора изменяются согласно программе, реализуемой на основе схемы с гистерезисом. Критерием переключения является значение функционала качества, ассоциированного с конкретным контроллером. Выбор следующего контроллера из конечного множества возможных происходит последовательным перебором и циклическим образом.

в) Системы с изменением параметров в зависимости от требуемого критерия качества системы. К системам, использующим данный принцип, следует отнести и все то огромное множество работ в современной параметрической постановке, где параметры регулятора основного контура настраиваются согласно алгоритмам градиентного типа.

г) Системы с изменением структуры в зависимости от требуемого показателя ее качества. Данный способ в классификации выделенный отдельно можно считать подклассом систем (в) с той лишь оговоркой, что для реализации таких систем потребуются рассматривать параметризованные линейные комбинации управляющих функций из заданного класса вместо единственной функции [12].

Необходимыми компонентами такой теории адаптивного управления, как это следует из логики ее развития, являются:

- аппарат анализа свойств нелинейных систем, который не требует точного знания математических моделей исследуемых объектов и не зависит от того, устойчив ли объект по Ляпунову;

- принципы и методы адаптации к неконтролируемым возмущениям и неопределенностям среды и модели объекта, использующие лишь их общесистемные, фундаментальные свойства;

- поиск, анализ и синтез структур реализации алгоритмов нелинейного управления, адаптации и идентификации [13].

Одна из характерных особенностей современного уровня автоматизации весьма разнообразных технологических процессов заключается в том, что управление тем или иным объектом осуществляется в условиях априорной неопределенности: либо отсутствует точное математическое описание управляемого объекта, либо неизвестен закон изменения его характеристик в процессе работы, либо динамические свойства как объекта управления, так и управляющих элементов меняются во времени. Кроме того, применяемые технические средства автоматизации могут существенно отличаться от идеальных. В частности, исполнительные механизмы систем регулирования имеют нелинейности (люфт в механических сочленениях, нелинейность статической характеристики). Хорошо известно [6], что возможность управления объектом в такой ситуации основана на применении принципа адаптации, позволяющего уменьшить первоначальный уровень неопределенности за счет использования информации, извлекаемой из наблюдений за выходом управляемого объекта в процессе его нормального функционирования.

Помимо трудностей, связанных с наличием априорной неопределенности, в большинстве случаев имеется возможность измерять только входные и выходные сигналы, но не их производные. Задача управления еще более усложняется, если разность порядков числителя и знаменателя передаточной функции объекта больше единицы, что характерно для теплотехники. Параметры настройки систем регулирования, полученные в результате расчета аналитическими методами по известной модели объекта [7], часто нуждаются в коррекции непосредственно на действующих системах регулирования.

Для того чтобы оптимально настроить АСР, необходимо располагать динамическими характеристиками системы, но надо учитывать и характеристики возмущений. К сожалению, многие возмущения, действующие в системе, являются неизмеримыми, и характеризовать их можно лишь на основе анализа процессов изменения выходной величины действующей системы. Кроме того, большинство методик расчета параметров ПИД-регулятора не учитывают возмущения, действующие в объекте (метод Зиглера и Никольса, метод CHR). Все это делает необходимым уточнение настройки, полученной аналитическими методами [14].

Исходя из этого, можно утверждать, что окончательная настройка может быть получена только на действующей системе, так как практически невозможно учесть в расчете все факторы, влияющие на работу системы, как вследствие отсутствия достаточной информации, так и вследствие ограниченности методов синтеза [15].

Таким образом, задача, связанная с разработкой адаптивных систем управления динамическими объектами, является одной из современных задач в теории автоматического управления, решение которой имеет ярко выраженный прикладной характер. Решение данной задачи в классе линейных динамических объектов представляет собой весьма актуальную задачу адаптивного управления динамическими объектами, имеющую важное практическое значение, так как позволяет существенно повысить сроки эксплуатации оборудования.

### Список литературы:

1. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование мультимедийного контента лекционного характера // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 327–329.
2. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Обеспечение заданного уровня устойчивости сетевых информационных систем // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – 2018. – С. 433–435.
3. Брейтнер А.А., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Оптимизация работы динамичных интерактивных WEB-приложений // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 31–35.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Автоматизация функционального тестирования web-приложений // В журнале «Современные наукоемкие технологии». – 2016. – № 5–1. – С. 58–61.
5. Кандуко М.Х., Медведев Ю.С., Терехов В.В. Разработка высокопроизводительных web-приложений // В сборнике: V Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 54-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Краснодар). – 2015. – С. 148–152.
6. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Проектирование интерактивных WEB-приложений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 43.
7. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Достижение максимальной производительности аях-приложений // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2013. – № 4. – С. 121.
8. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Увеличение скорости загрузки web-приложений // В журнале «Успехи современной науки». – 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 181–185.
9. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Структура углубленного трафика информационной сети // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2020. – С. 370–372.
10. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Управления рисками безопасности в корпоративных информационных сетях // В сборнике: IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – 2020. – С. 399–402.
11. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Использование комплексного подхода к защите информационных систем программными методами // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 24–26.
12. Медведев Ю.С., Терехов В.В. База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04 // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
13. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
14. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
15. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

УДК 681.5

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ ПИД-АЛГОРИТМОВ  
УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ**



**METHODS FOR CALCULATING PARAMETERS OF DIGITAL PID-CONTROL  
ALGORITHMS USING OBJECT MODELS**

**Лубенцова Е.В.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Шахрай Е.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Лубенцов В.Ф.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Лужевский Н.О.**

Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Аннотация.** Приведены формулы расчета параметров цифровых ПИД-алгоритмов управления с использованием линейных моделей объектов первого и второго порядков с запаздыванием. Отмечено, что применение более сложных моделей делает невозможным простой аналитический расчёт параметров регуляторов на основании этих моделей. Показано, что в зависимости от информации, используемой для расчета настроечных параметров цифровых алгоритмов ПИД-регулирования, методы расчета подразделяются на три группы: методы перерасчета настроечных параметров непрерывных ПИД-регуляторов в параметры цифровых регуляторов при малых тактах квантования; методы, предусматривающие вначале расчет настроечных параметров непрерывного регулятора с помощью модели объекта, а затем пересчет этих параметров в параметры настройки цифрового регулятора; методы расчета настроечных параметров регуляторов непосредственно с помощью параметров модели объекта управления. Приведены практические рекомендации по применению методов расчета модифицированных вариантов цифровых регуляторов на базе типового ПИД-регулятора.

**Ключевые слова:** метод расчета регулятора, модель объекта, цифровой ПИД-регулятор, модифицированные алгоритмы управления.

**Lubentsova E.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Shakhray E.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Lubentsov V.F.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban state technological university  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Luzhevsky N.O.**

Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Annotation.** Formulas for calculating parameters of digital PID-control algorithms using linear models of objects of the first and second orders with a delay are given. It is noted that the use of more complex models makes it impossible to perform a simple analytical calculation of the parameters of controllers based on these models. It is shown that, depending on the information used to calculate the tuning parameters of digital PID-control algorithms, the calculation methods are divided into three groups: methods for recalculating the tuning parameters of continuous PID-controllers into the parameters of digital controllers at small quantization cycles; methods that first calculate the tuning parameters of a continuous controller using an object model, and then recalculate these parameters into the tuning parameters of a digital controller; methods for calculating the tuning parameters of controllers directly using the parameters of the control object model. Practical recommendations on the application of methods for calculating modified versions of digital controllers based on a typical PID-controller are given.

**Keywords:** controller calculation method, plant model, digital PID-controller, modified control algorithms.

**В** настоящее время тенденция применения цифровых систем управления в различных отраслях промышленности является устойчивой. Объясняется это более широкими функциональными возможностями при цифровой реализации самых совершенных алгоритмов регулирования, что, в свою очередь, гарантирует получение высокой точности и хорошего быстродействия в замкнутых системах цифрового управления. Цифровые алгоритмы управления являются важнейшей составной частью

алгоритмического и программного обеспечения АСУ на базе микропроцессорных контроллеров.

Наиболее распространенным подходом к реализации цифрового управления является подход, основанный на замене непрерывных алгоритмов ПИ- и ПИД-законов регулирования дискретными с помощью квантования сигналов по времени и уровню [2, 5]. При правильной настройке эти алгоритмы обеспечивают достаточно хорошее качество управления для большинства промышленных объектов. Однако, несмотря на длительную историю разработки систем с этими регуляторами [1], остаются нерешенными задачи параметрического синтеза их для сложных объектов в связи с наличием запаздывания, нестационарностью, нелинейностью, многорежимностью функционирования и трудностями получения в этих условиях математических моделей [3, 4]. Как известно, идеальный ПИД-алгоритм физически не реализуем, а значит результаты оптимального параметрического синтеза, полученные с использованием методов классической теории автоматического управления не могут непосредственно переноситься на реальную систему. Применение современных методов теории управления (робастных, нечетких, нейросетевых и др.) затруднено из-за отсутствия достаточно апробированных методик их применения. Классическая теория автоматического управления направлена на разработку цифровых регуляторов с помощью процедур дискретизации непрерывных типовых регуляторов, что не всегда достаточно для эффективного их практического применения. Из этого следует целесообразность рассмотрения модифицированных вариантов ПИД-регуляторов [3, 4, 6, 7, 8], в структуре и алгоритмах которых используются реальные дифференциаторы, квадрат ошибки рассогласования, нелинейности на входе и ограничители (демпферы) в каналах задающего и регулирующего воздействий, аппроксиматоры нелинейности «нечувствительность» сигма-функциями. В свою очередь это требует анализа методов расчета настроечных параметров алгоритмов ПИД-регулирования.

В зависимости от информации, положенной в основу методов расчета настроечных параметров алгоритмов ПИД-регулирования, эти методы подразделяются на следующие группы:

- методы перерасчета настроечных параметров непрерывных ПИД-регуляторов в параметры цифровых регуляторов с помощью дискретизации, эффективной только при малых тактах квантования [5];
- методы, предусматривающие вначале расчет настроечных параметров непрерывного регулятора с помощью модели объекта, а затем пересчет этих параметров в параметры настройки цифрового регулятора;
- методы расчета настроечных параметров регуляторов непосредственно с помощью параметров модели объекта управления, входящих в формулы для приближенного расчета параметров настройки регуляторов.

Аналитическое решение, полученное с использованием широко распространенной модели объекта  $W_M(p) = \frac{K_0 \exp(-\tau p)}{Tp + 1}$ , имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2), \quad (1)$$

где  $K_0$  – коэффициент усиления;  
 $T$  – постоянная времени;  
 $\tau$  – время запаздывания;  
 $q_0, q_1, q_2$  – параметры дискретного ПИД-регулятора, определяемые по выражениям

$$q_0 = K_{\Pi} (1 + T_{\Pi}/T_0), \quad q_1 = -K_{\Pi} (1 + 2T_{\Pi}/T_0 - T_0/T_{\Pi}), \quad q_2 = K_{\Pi} \cdot T_{\Pi}/T_0,$$

$K_{\Pi}$  – коэффициент передачи;  
 $T_{\Pi}$  и  $T_{\Pi}$  – соответственно постоянные интегрирования и дифференцирования;  
 $T_0$  – такт дискретизации;  
 $k = k \cdot T_0$  – дискретное время,  $k = 0, 1, 2, \dots, n$ ;

$$K_{\Pi} = \frac{-e^{p^* \tau} [\tau T_0 p^{*2} + (\tau + 2T_0) p^* + 1] - 2T_{\Pi} K_0 p^*}{K_0},$$

$$T_{И} = 1/K_{И}, \quad K_{И} = \frac{-e^{p^* \tau} (T_{П} p^{*2} + p^*) - T_{П} K_{0} p^{*2} - K_{П} K_{0} p^*}{K_{0}},$$

$$T_{П} = \frac{-\frac{1}{2} e^{p^* \tau} [\tau^2 T_{П} p^{*2} + (\tau^2 + 4T\tau) p^* + 2(\tau + T)]}{K_{0}},$$

$$p^* = -\left[ \left( \frac{\tau^3}{2} + 3T\tau^2 \right) - \sqrt{\frac{\tau^6}{4} + 3T\tau^4} \right] \cdot \frac{1}{T\tau^3}.$$

Модифицированный алгоритм управления с интегрированием только ошибки регулирования и при расчете настроек на основе критерия Циглера-Никольса (при  $\tau/T \rightarrow 0$ ) с использованием модели объекта  $W_M(p) = \frac{K_0 \exp(-\tau p)}{Tp+1}$  имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + q_0 y(k) + q_1 e(k) + q_2 y(k-1) + q_3 y(k-2), \quad (2)$$

где

$$q_0 = -K(1 + T_D/T_0), \quad q_1 = KT_0/T_{И}, \quad q_2 = K(1 + 2T_D/T_0),$$

$$K = 1,2T/(\tau + T) - 0,3T \cdot T_0/(\tau + T_0/2)^2,$$

$$T_0/T_{И} = 0,6T \cdot T_0/K(\tau + T_0/2)^2, \quad T_D/T_0 = 0,5T/KT_0.$$

Если модель объекта первого порядка с передаточной функцией  $W_M(p)$  оказывается слишком приближенной, то используют модель второго порядка с передаточной функцией  $W_M(p) = \frac{K \cdot \exp(-\tau p)}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$ . Модифицированный алгоритм управления на основе данной модели имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + d_0 e(k) + d_1 e(k-1) + d_2 e(k-2), \quad (3)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – постоянные времени объекта,

$$d_0 = K \left( 1 + \frac{T_0}{T_{И}} + \frac{T_D}{T_0} \right), \quad d_1 = -K \left( 1 + \frac{2T_D}{T_0} \right), \quad d_2 = K \frac{T_D}{T_0},$$

$$K = \frac{T_1 + T_2}{K_{06} \cdot \tau}; \quad T_{И} = T_1 + T_2; \quad T_D = \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 + T_2}.$$

Методы расчёта параметров по формулам, содержащим параметры модели объекта, не могут дать оптимальные настройки регулятора, поскольку аналитически полученные результаты основываются на упрощённых моделях объекта. В частности, в них не учитывается всегда присутствующая нелинейность, например, типа «ограничение» для управляющего воздействия [4]. Применение более сложных моделей делает невозможным простой аналитический расчёт параметров регулятора на основании параметров этих моделей. Оценка улучшения качества регулирования в этих случаях требует экспериментальных исследований, например, с помощью моделирования систем регулирования и анализа получаемых переходных процессов. Для сложных объектов качество регулирования ограничивается не только точностью модели, но и настройками параметрами регулятора, а также требуемым характером переходного процесса и режимами функционирования системы. Поэтому наибольшее применение для расчета настроек ПИД-регуляторов нашли простые линейные модели объектов

первого и второго порядка с запаздыванием [2].

Модифицированный алгоритм управления, в котором величина П-части зависит от квадрата ошибки регулирования, имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + q_0 [e(k)e(k) - e(k-1)e(k-1))] + q_1 e(k) + q_2 e(k-1) + q_3 e(k-2), \quad (4)$$

где

$$q_0 = K, \quad q_1 = K \frac{T_D}{T_0}, \quad q_2 = -K \left( \frac{2T_D}{T_0} - \frac{T_0}{T_I} \right), \quad q_3 = K \frac{T_D}{T_0}.$$

Модифицированный алгоритм управления, в котором величина И-части зависит от квадрата ошибки регулирования, имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) = q_0 e(k) + q_1 e(k-1)e(k-1) + q_2 e(k-1) + q_3 e(k-2), \quad (5)$$

где

$$q_0 = K \left( 1 + \frac{T_D}{T_0} \right), \quad q_1 = \frac{KT_0}{T_I}, \quad q_2 = - \left( 1 + K \frac{2T_D}{T_0} \right), \quad q_3 = K \frac{T_D}{T_0}.$$

Алгоритм управления с осуществлением фильтрации регулируемой переменной  $Y(k)$  с помощью фильтра  $e(k) = w(k) - \tilde{y}(k)$ , имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + d_0 e(k) + d_1 e(k-1) + d_2 e(k-2), \quad (6)$$

где

$$\tilde{y}(k) = 0,5y^*(k-1) + 0,25\tilde{y}(k-1) + 0,175\tilde{y}(k-2) + 0,075\tilde{y}(k-3),$$

$$d_0 = K \left( 1 + \frac{T_D}{T_0} \right), \quad d_1 = -K \left( 1 + 2 \frac{T_D}{T_0} - \frac{T_0}{T_I} \right), \quad d_2 = K \cdot \frac{T_D}{T_0}.$$

Для всех алгоритмов управления приемлемый диапазон изменения параметров настройки составляет для коэффициента пропорциональности  $K_p = 0,01 - 99$ ; для постоянной времени интегрирования  $T_i = 0,01 - 99$  мин; для постоянной времени дифференцирования  $T_d = 0 - 99$  мин; для постоянной времени фильтра низких частот  $T_\phi = 3 - 10$  мин; для такта дискретизации  $T_0 = 1 - 200$  с. Очевидно, что более простые варианты алгоритмов управления могут быть получены путем упрощения расчетных моделей либо назначением определенных величин и настроечных коэффициентов. Например, при  $T_d = 0$  прекращается расчет дифференциальной составляющей, при  $T_i > 99$  исключается интегральная составляющая.

Таким образом, рассмотренные методы расчета параметров цифровых алгоритмов управления, соответствующих стандартному ПИД-алгоритму регулирования и его модифицированным вариантам, отличаются разной степенью сложности и используемой информацией о модели объекта при расчете настроечных параметров. Модифицированные варианты алгоритмов управления выбираются, исходя из требований к системе и возможностей практической реализации. Их использование несколько ограничено сложностью настройки, что объясняется высокой чувствительностью показателей качества регулирования к отклонениям настроек ПИД-регуляторов от оптимальных.

### Список литературы:

1. Александров А.Г., Паленов М.В. Состояние и перспективы развития адаптивных ПИД-регуляторов // Автоматика и телемеханика. – 2014. – № 2. – С. 16–30; Autom. Remote Control, 75:2 (2014). – P. 188–199.
2. Алгоритмы цифрового ПИД-регулирования. – URL : [https://studopedia.su/7\\_13171\\_algoritmi-tsifrovogo-pid-regulirovaniya.html](https://studopedia.su/7_13171_algoritmi-tsifrovogo-pid-regulirovaniya.html) (дата обращения 12.10.2020).
3. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные

- технологии автоматизации. – 2007. – Ч. 2. – № 1. – С. 78–88.
4. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации // Современные Технологии Автоматизации. – 2008. – № 4. – С. 86–99.
  5. Изерман Р. Цифровые системы управления / Перевод с англ. С.П. Забродина [и др.]. – М. : Мир, 1984. – 541 с.
  6. Луков Д.К., Богданов Д.С. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LX междунар. студ. науч.-практ. конф. – № 12 (59). – URL : [https://sibac.info/archive/technic/12\(59\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/12(59).pdf) (дата обращения: 17.11.2018).
  7. Модифицированный цифровой ПИД от квадрата ошибки регулирования. – URL : <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1634673913&tld=ru&lang=ru&name=374303.pdf&text=&url=https%3A%2F%2Fwww.cta.ru%2Fcms%2F%2F374303.pdf&lr=35&mime=pdf&l10n=ru&signature=05eabf95ba4fd53d3ade7cf1d70df9d8&keyno=0&nosw=1> (дата обращения 28.12.2020).
  8. Скороспешкин В.Н., Скороспешкин М.В. Модифицированный псевдолинейный ПИД-регулятор // Науковедение. – 2013. – № 6. – С. 1–7.

УДК 681.5

**МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦИФРОВЫЕ АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
НА БАЗЕ ТИПОВЫХ ПИД-ЗАКОНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ**



**MODIFIED DIGITAL CONTROL ALGORITHMS BASED  
ON TYPICAL PID-CONTROL LAWS**

**Лубенцова Е.В.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Шахрай Е.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Лужевский Н.О.**

Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Аннотация.** Приведен обзор используемых в практике цифрового регулирования модифицированных вариантов алгоритмов управления на базе ПИД-регуляторов, алгоритмов их автоматической настройки и адаптивного управления. Отмечено, что рассмотренные алгоритмы менее чувствительны к высокочастотным составляющим сигнала и действию скачкообразных возмущений. Подробно рассмотрен метод ослабления помех на входе типовых ПИ-, ПИД-регуляторов.

**Ключевые слова:** цифровое регулирование, ПИД-регулятор, модифицированные алгоритмы управления.

**Lubentsova E.V.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Shakhray E.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Luzhevsky N.O.**

Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Annotation.** An overview of the modified versions of control algorithms based on PID-controllers, algorithms for their automatic tuning and adaptive control used in the practice of digital control is given. It is noted that the considered algorithms are less sensitive to high-frequency signal components and the action of discontinuous disturbances. The method of attenuation of interference at the input of typical PI- and PID-controllers is considered in detail.

**Keywords:** digital control, PID-controller, modified control algorithms.

Известно [1], что пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор) был изобретен в 1910 г. и более, чем через 30 лет, в 1942 г. Зиглером и Никольсом была разработана методика его настройки. С появлением недорогих микропроцессоров и аналого-цифровых преобразователей происходит стремительное развитие ПИД-регуляторов как в автономных системах, так и в составе АСУ ТП. Сегодня трудно привести отрасль промышленности, для управления технологическими процессами и техническими системами в которой не использовались бы ПИД-регуляторы. Это и пищевая, и химическая, и целлюлозно-бумажная промышленности др. На сегодняшний день в 90–95 % промышленных автоматических системах регулирования используются ПИД-регуляторы [2]. Этому способствовали такие факторы, как простота, понятность и пригодность для использования в решении большинства практических задач при невысоких затратах на разработку и программную реализацию [3]. В то же время использование линейных регуляторов на базе классической теории автоматического управления не всегда эффективно, поскольку, несмотря на длительную историю разработки систем с ПИД-регуляторами [4], этот регулятор является идеализированным вариантом реальных регуляторов. При их практическом применении остаются нерешенными следующие задачи: необходимость устранения интегрального насыщения, вопросы регулирования нелинейных и интервально-заданных объектов, вопросы автоматической оптимизации их настроек и адаптации. Динамику современных систем управления, функционирующих в условиях неопределенности, часто невозможно описать точными и полными математическими моделями. Объекты являются нестационарными, измерения сильно зашумлены, а нагрузка на объект переменная. Следует отметить, что правильная настройка регулятора с прямой и обратной связью позволяет ослабить влияние нагрузки на управляемый объект до 10 раз [1]. Недостатками являются как невозможность точной идентификации возмущения и точки прило-



жения к объекту, так и проблема, связанная с нахождением обратного оператора. Все эти особенности дополнительно вызывают определенные трудности, которые обусловили необходимость модернизации и применения различных новых модификаций ПИД-регуляторов, а также привели к разработке робастных либо адаптивных регуляторов, требующих алгоритмов непрерывной либо периодической коррекции их настроечных параметров применительно к нестационарным условиям их функционирования. Рассмотрим модифицированные варианты законов управления на базе широко распространенного в промышленном производстве ПИД-закона регулирования.

Известно, что общее уравнение семейства ПИД-законов управления в непрерывной форме имеет вид:

$$U(t) = K_p \left[ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right], \quad (1)$$

где  $U(t)$  – управляющий сигнал;  $e = w - y$  – ошибка регулирования (разность между заданным и измеренным значениями регулируемой переменной);  $K_p$  – коэффициент передачи;  $T_i$  и  $T_d$  – соответственно постоянные времени интегрирования и дифференцирования.

Для малых тактов квантования  $T_0 \leq 0,01T_{95}$  уравнение (1) можно преобразовать в разностное с помощью дискретизации, состоящей в замене производной разностью первого порядка и аппроксимации интегральной части методом прямоугольников или трапеций. При использовании метода прямоугольников получаем рекуррентное уравнение:

$$U(k) = U(k-1) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2), \quad (2)$$

где

$$q_0 = K_p \left( 1 + \frac{T_d}{T_0} \right), \quad q_1 = -K_p \left( 1 + 2 \frac{T_d}{T_0} - \frac{T_0}{T_i} \right), \quad q_2 = K_p \frac{T_d}{T_0}.$$

В том случае, когда для выполнения операции интегрирования в уравнении (1) используется метод трапеций, получаем рекуррентное уравнение, описывающее динамику дискретного ПИД-регулятора и отличающееся от (1) только формулами для настроечных параметров в следующем виде:

$$U(k) = U(k-1) + \tilde{q}_0 e(k) + \tilde{q}_1 e(k-1) + \tilde{q}_2 e(k-2), \quad (3)$$

где

$$\tilde{q}_0 = K_p \left( 1 + \frac{T_0}{2T_i} + \frac{T_d}{T_0} \right), \quad \tilde{q}_1 = -K_p \left( 1 + 2 \frac{T_d}{T_0} - \frac{T_0}{2T_i} \right), \quad \tilde{q}_2 = K_p \frac{T_d}{T_0}.$$

Полученное линейное разностное уравнение (3) по виду совпадает с разностным уравнением (2), но значения его параметров  $\tilde{q}_0$  и  $\tilde{q}_1$  вычисляются по формулам, отличным от формул для определения  $q_0$  и  $q_1$ .

В практике цифрового регулирования известно и широко используется большое число модификаций дискретных алгоритмов управления. Так, для уменьшения больших изменений управляющей переменной  $U(k)$  при резких изменениях задающего воздействия это воздействие исключают из дифференциального члена дискретного закона управления. В результате модифицированный алгоритм управления при исключении сигнала задания из Д-части примет вид:

$$U(k) = U(k-1) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 [y(k) - 2y(k-1) + y(k-2)], \quad (4)$$

где

$$q_0 = K_p, \quad q_1 = -K_p \left( 1 - \frac{T_0}{T_i} \right), \quad q_2 = K_p \frac{T_d}{T_0}.$$

Дополнительного уменьшения амплитуды управляющей переменной  $U(k)$  добиваются, оставляя значение задающего сигнала только в интегрирующем члене алгоритма. Модифицированный алгоритм управления при исключении сигнала задания из П- и Д-части имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + q_0 y(k) + q_1 e(k-1) + q_2 y(k-1) + q_3 y(k-2), \quad (5)$$

где

$$q_0 = K_p \left( 1 + \frac{T_D}{T_0} \right), \quad q_1 = K_p \frac{T_0}{T_I}, \quad q_2 = -K_p \left( 1 + \frac{2T_D}{T_0} \right), \quad q_3 = K_p \frac{T_D}{T_0}.$$

Рассмотренные модифицированные алгоритмы менее чувствительны к высокочастотным составляющим сигнала по сравнению с сигналом  $\varepsilon(k)$ , Поэтому параметры регуляторов, полученные в результате оптимизации для определенных типов возмущений, например, для возмущений на входе объекта и на входе системы, будут отличаться незначительно. Существенные изменения управляющей переменной могут быть также уменьшены путем ограничения скорости изменения задающей и (или) управляющей переменной.

Другие модификации алгоритмов управления состоят в различных способах реализации дифференцирующей части.

Модифицированный алгоритм управления при использовании реального дифференциального звена  $\frac{T_D p}{T_I p + 1}$  и метода трапеций имеет вид:

$$U(k) = p_1 U(k-1) + p_2 U(k-2) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2), \quad (6)$$

где

$$p_1 = -4C_1 / (1 + 2C_1), \quad p_2 = (2C_1 - 1) / (1 + 2C_1),$$

$$q_0 = K \left[ 1 + 2(C_1 + C_D) + \frac{C_{II}}{2}(1 + 2C_1) \right] / (1 + 2C_1),$$

$$q_1 = K [C_{II} - 4(C_1 + C_D)] / (1 + 2C_1),$$

$$q_2 = K \left[ C_1(2 - C_{II}) + 2C_D + \frac{C_{II}}{2} - 1 \right] / (1 + 2C_1),$$

$$C_1 = \frac{T_1}{T_0}, \quad C_{II} = \frac{T_0}{T_I}, \quad C_D = \frac{T_D}{T_0}.$$

Часто регулируемая переменная содержит относительно высокочастотный шум, который не измеряется, что приводит к нежелательным существенным колебаниям управляющей координаты. Введение дифференцирующего члена в алгоритм управления часто может быть необходимым для улучшения качества процессов управления при наличии среднечастотных шумов не слишком большого уровня, поскольку в этом случае происходит приближенное сокращение полюсов объекта, что приводит к расширению областей устойчивости и возможности увеличения коэффициента передачи. Следовательно, при введении дифференцирующего члена в алгоритм управления следует, учитывая сказанное выше, выбирать его параметры для обеспечения допустимого компромисса.

Одна из возможностей состоит в том, чтобы выбирать отношение  $T_D/T_0$  меньшим его оптимальной величины. Можно также сгладить дифференцирующие свойства алгоритма, используя четыре последовательных значения сигнала ошибки для формирования первой разности. Модифицированный алгоритм управления при использовании четырех последовательных значений сигнала ошибки для формирования первой разности имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + d_0 e(k) + d_1 e(k-1) + d_2 e(k-2) + d_3 e(k-3) + d_4 e(k-4), \quad (7)$$

где

$$d_0 = K_p \left( 1 + \frac{T_o}{T_u} + \frac{T_D}{6T_o} \right), \quad d_2 = -K_p \frac{T_D}{T_o}, \quad d_3 = K_p \frac{T_D}{3T_o}, \quad d_4 = K_p \frac{T_D}{6T_o}.$$

Другие возможности улучшения работы системы управления связаны с осуществлением фильтрации регулируемой переменной с помощью фильтров, включаемых в систему перед алгоритмом управления и поэтому влияющих на все компоненты ПИД-алгоритма.

Алгоритм управления с непосредственной низкочастотной фильтрацией Д-канала

$$W(p) = K \left( 1 + \frac{1}{T_{иp}} + \frac{T_{Дp}}{T_{Фp+1}} \right),$$

где  $T_{Ф}$  – постоянная времени фильтра, имеет вид

$$U(k) = d_0 e(k) + d_1 e(k-1) + d_2 e(k-2) - C_1 u(k-1) - C_2 u(k-2), \quad \text{где} \quad (8)$$

$$d_0 = K_p \left[ 1 + \frac{T_o}{2T_{и}} + \frac{T_D}{T_o} \left( 1 - e^{-\frac{T_o}{T_{Ф}}} \right) \right], \quad d_1 = K_p \left[ -1 + \frac{T_o}{2T_{и}} - 2 \frac{T_D}{T_o} + e^{-\frac{T_o}{T_{Ф}}} \left( -1 - \frac{T_o}{2T_{и}} + \frac{2T_D}{T_o} \right) \right],$$

$$d_2 = K_p \left[ \frac{T_D}{T_o} + e^{-\frac{T_o}{T_{Ф}}} \left( 1 - \frac{T_o}{2T_{и}} - \frac{T_D}{T_o} \right) \right], \quad C_1 = -1 - e^{-\frac{T_o}{T_{Ф}}}, \quad C_2 = e^{-\frac{T_o}{T_{Ф}}}.$$

Алгоритм управления с двойным дифференцированием и использованием фильтра 2-го порядка для сигнала ошибки регулирования

$$W(p) = K \left( 1 + \frac{1}{T_{и}} + T_{Дp} + T_{S} p^2 \right) \cdot \left( \frac{1}{T_2 p^2 + T_1 p + 1} \right);$$

при  $T_s = 0$  – низкочастотный фильтр 2-го порядка; при  $T_s = T_2 = 0$  – низкочастотный фильтр 1-го порядка имеет вид

$$\Delta U(k) = \frac{K}{1 + \frac{T_2}{T_0} + \frac{T_2}{T_0^2}} * \left( \begin{aligned} & \left[ e(k) - e(k-1) \right] + \frac{T_0}{T_u} e(k) + \frac{T_D}{T_0} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] + \\ & + \frac{T_S}{T_0^2} [e(k) - 3e(k-1) + 3e(k-2) - e(k-3)] + \\ & + \frac{1}{K} \left[ \frac{T_1}{T_0} + 2 \frac{T_2}{T_0^2} \right] \Delta U(k-2) \end{aligned} \right). \quad (9)$$

Настройка регулятора на высокую чувствительность к помехам приводит к необоснованным колебаниям исполнительного механизма, что, в свою очередь, увеличивает дисперсию ошибки регулирования и, как следствие, ведет к колебаниям оптимизируемых параметров процесса, снижающих оптимальный уровень целевого функционала. При значительных помехах возможен переход системы в неустойчивый режим. С другой стороны, при настройках регулятора с высокой чувствительностью к изменениям задающего воздействия возможно ухудшение реакции на помехи. При установлении на входе регулятора зоны нечувствительности (ЗН), изменения чувствительности по отношению к заданию практически не происходит, а чувствительность к помехам уменьшается, не оказывая влияния на величину чувствительности по отношению к заданию.

Алгоритм управления с зоной нечувствительности на входе имеет вид:

$$U(k) = U(k-1) + d_0 E(k) + d_1 E(k-1) + d_2 E(k-2), \quad (10)$$

где  $\Delta$  – зона нечувствительности;  $\lambda$  – коэффициент пропорциональности

$$E(k) = \begin{cases} \lambda[e(k) - \Delta], & \text{если } e(k) > \Delta; \\ 0, & \text{если } -\Delta \leq e(k) \leq \Delta; \\ \lambda[e(k) + \Delta], & \text{если } e(k) < -\Delta, \end{cases}$$

$$d_0 = K_p \left( 1 + \frac{T_o}{T_n} + \frac{T_D}{T_o} \right), d_1 = -K_p \left( 1 + \frac{2T_D}{T_o} \right), d_2 = K_p \cdot \frac{T_D}{T_o}.$$

Алгоритм управления с релейным режимом работы и линейным режимом на основе ПИД-алгоритма имеет вид:

$$U(k) = \begin{cases} U(k-1) + d_0 e(k) + d_1 e(k-1) + d_2 e(k-2), & \text{если } |e(k)| < \Delta; \\ |U_{\max}| \operatorname{sign} e(k), & \text{если } |e(k)| > \Delta. \end{cases} \quad (11)$$

где

$$d_0 = K_p \left( 1 + \frac{T_D}{T_o} \right), d_1 = -K_p \left( 1 + 2 \frac{T_D}{T_o} - \frac{T_o}{T_n} \right), d_2 = K_p \cdot \frac{T_D}{T_o}.$$

Разработанные цифровые алгоритмы управления, отличаются от идеальных тем, что выбраны, исходя из практической реализации с использованием:

- нелинейности типа «нечувствительность», обеспечивающей исключение помех в измеряемых полезных сигналах на уровне  $\Delta \geq (0,01 \dots 0,05) \max_i g(t)$  ( $g(t)$  – скачкообразное задающее воздействие) и сходимости ошибки к нулю в переходном процессе, т.е.  $\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) \rightarrow 0$ ;

- ограничения скорости изменения задающего воздействия для решения задач программного управления;

- сигнала ошибки в отдельных составляющих закона регулирования и (либо) исключением сигнала задания из сигнала ошибки в дифференциаторе и в пропорциональной части регулятора и использования в законе управления производных только регулируемой переменной, а также квадрата ошибки;

- реальных дифференциаторов, позволяющих вводить в закон управления либо только производные сигнала ошибки или только регулируемой переменной;

- различных численных методов интегрирования;

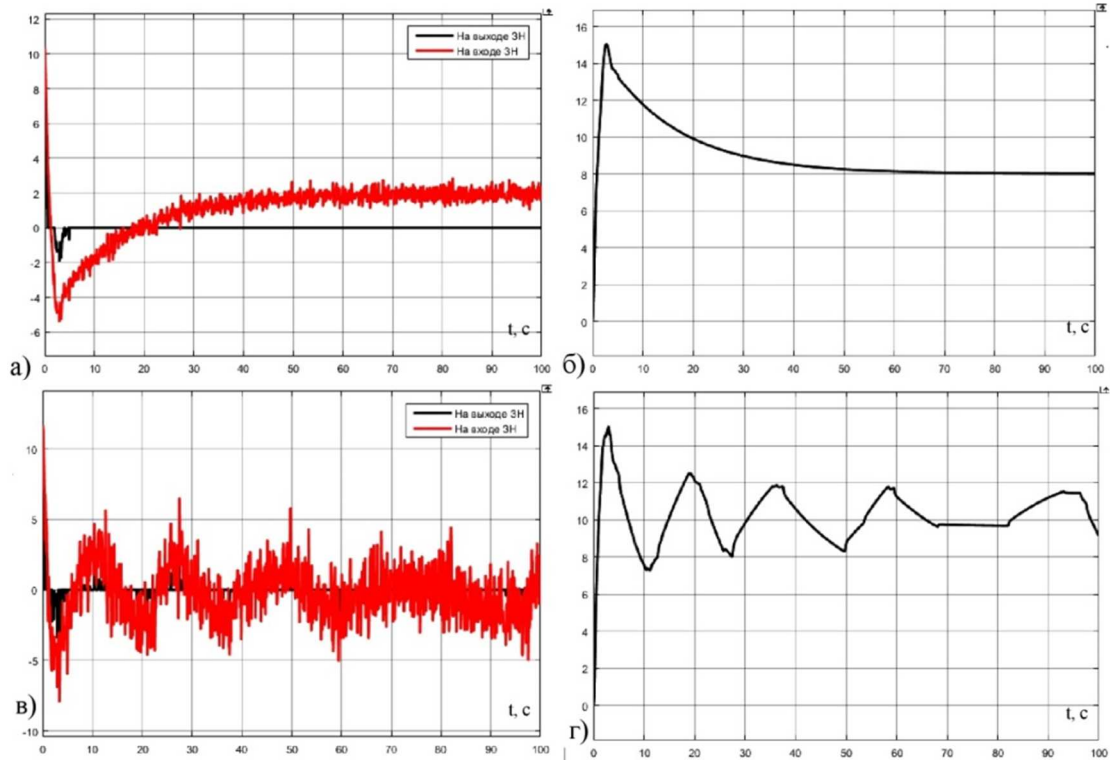
- различных критериев оптимальности для расчета настроек регулятора.

Следует отметить, что введение на входе регулятора нелинейности типа «нечувствительность» приводит к снижению точности регулирования. Для устранения этого недостатка предложен метод ослабления помех с помощью введения на вход регулятора звена с аппроксимирующей зоной нечувствительности (АЗН) на основе сигма-функции [6]. Это звено обеспечивает плавное изменение выходного сигнала  $\varepsilon^*(\varepsilon)$  от входного  $\varepsilon$  с помощью уравнения вида:

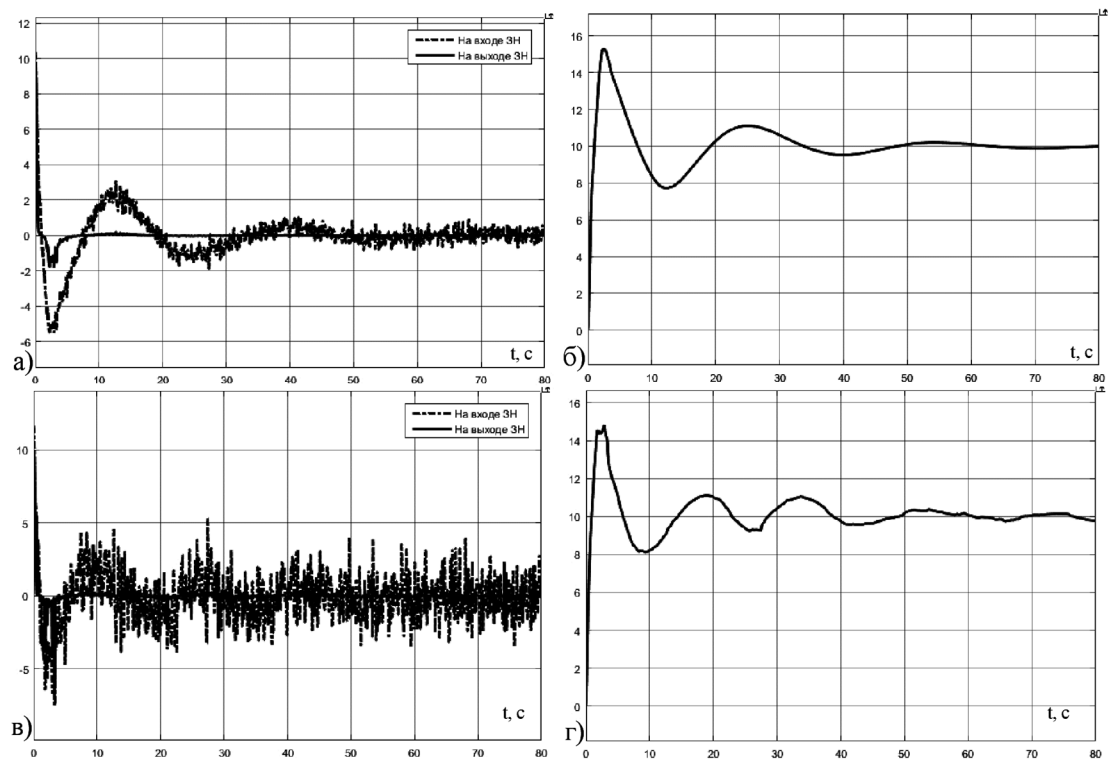
$$\varepsilon^*(\varepsilon, \lambda) = \frac{M}{1 + \exp[-\lambda(\varepsilon - a)]} - \frac{M}{1 + \exp[\lambda(\varepsilon + a)]}, \quad (12)$$

где  $\varepsilon^*$  – сигнал на выходе звена;  $M$  – максимальная величина выходного сигнала звена;  $\lambda$  – коэффициент усиления линейного участка аппроксимирующей характеристики;  $2a$  – зона нечувствительности;  $\varepsilon$  – сигнал рассогласования между измеряемым сигналом и сигналом задания.

На рисунках 1, 2 показаны переходные процессы, полученные в системе с типовыми регуляторами при различной дисперсии помехи.



**Рисунок 1** – Графики изменения ошибки регулирования в САУ с ПИД-регулятором до и после фиксированной ЗН ( $a = 7$ ) (а, в) и переходного процесса (б, г) на выходе объекта при дисперсии помехи  $D_{вх} = 0,1$  и  $D_{вх} = 2$  соответственно



**Рисунок 2** – Графики изменения ошибки регулирования в САУ с ПИД-регулятором до и после аппроксимированной ЗН ( $a = 7$ ) (а, в) и переходного процесса (б, г) на выходе объекта при дисперсии помехи  $D_{вх} = 0,1$  и  $D_{вх} = 2$  соответственно

Таким образом, использование в системе ПИД-регулятора с установленным на входе звеном с нелинейной функцией, аппроксимирующей стандартную ЗН, обеспечивает переходные процессы с приемлемым временем переходного процесса. Введение

аппроксимируемой ЗН на входе исключает возникновение автоколебаний в системе в исследуемом диапазоне действия помех. Следовательно, система обрабатывает заданные значения по стабилизации регулируемой переменной без существенных колебаний и перерасхода энергии. Данный подход ослабления помех расширяет возможности модифицированных цифровых алгоритмов управления на базе типовых законов регулирования.

Проведенный авторами данной работы краткий анализ решений задач регулирования на базе модифицированных ПИД-регуляторов и их особенностей по отношению к классическим решениям позволяет отметить, что модифицированные варианты ПИД-регуляторов составят базу для все большего теоретического и практического исследования САУ, включая вопросы построения регуляторов на основе нечеткой логики [5]. Применение нечеткой логики обеспечивает проектирование систем управления, способных функционировать в условиях неполноты и нечеткости знаний о динамике объекта управления.

#### **Список литературы:**

1. Александров А.Г., Паленов М.В. Состояние и перспективы развития адаптивных ПИД-регуляторов // Автоматика и телемеханика. – 2014. – № 2. – 16–30; Autom. Remote Control, 75:2 (2014). – P. 188–199.
2. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. – 2007. – Ч. 2. – № 1. – С. 78–88.
3. Денисенко В.В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации // Современные технологии автоматизации. – 2008. – № 4. – С. 86–99.
4. Луков Д.К., Богданов Д.С. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LX междунар. студ. науч.-практ. конф. – № 12 (59). – URL : [https://sibac.info/archive/technic/12\(59\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/12(59).pdf) (дата обращения: 17.11.2018)
5. Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Некоторые проблемные аспекты нечеткого ПИД регулирования // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2018. – Т. 19. – № 12. – С. 762–769.
6. Шахрай Е.А., Лубенцов В.Ф. Обеспечение помехозащищенности в системах управления подачей воздуха с компрессорными установками // Автоматизация. Современные технологии. – 2021. – № 8. – С. 373–383.

УДК 681.5

**ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК  
В ЗАДАЧАХ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА  
И ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВ**



**JUSTIFICATION OF THE METHOD OF PROCESSING EXPERT EVALUATIONS  
IN THE TASKS OF COMPARATIVE ANALYSIS  
AND CHOICE OF ALTERNATIVES**

**Шахрай Е.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Лубенцов В.Ф.**

доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Демидов В.А.**

Кубанский государственный технологический университет  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Аннотация.** Рассмотрены методы, наиболее часто используемые в задачах выработки, оценки и выбора альтернатив. Предложено для выбора рационального метода решения задачи воспользоваться обобщенной функцией желательности Харрингтона. Получены результаты обработки экспертных оценок соответствия между методами и задачами принятия решения. На основе полученных результатов в качестве предпочтительного обоснован метод парных сравнений, позволяющий решать задачи с большей точностью по сравнению с рассмотренными методами статистической обработки данных и методом ранговых оценок.

**Ключевые слова:** методы решения, задачи выработки, оценки и выбора альтернатив, метод парных сравнений.

**Shakhray E.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Lubentsov V.F.**

PhD in Technical Sciences, Professor,  
Kuban state technological university  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Demidov V.A.**

Kuban State Technological University  
vf.lubentsov@yandex.ru

**Annotation.** The methods most often used in the tasks of developing, evaluating and selecting alternatives are considered. It is proposed to use the generalized Harrington desirability function to choose a rational method for solving the problem. The results of processing expert assessments of the correspondence between methods and decision-making tasks are obtained. Based on the results obtained, the method of paired comparisons is justified as preferable, which allows solving problems with greater accuracy compared to the considered methods of statistical data processing and the method of rank estimates.

**Keywords:** methods of solution, problems of development, evaluation and selection of alternatives, the method of paired comparisons.

**С**уществование различных методов количественной и экспертной оценки информации в задачах принятия решения обуславливает неопределенность в выборе метода решения и, следовательно, существует риск принятия нерационального решения при выработке, оценке и выборе альтернатив. Для решения поставленной задачи необходимо исключить неопределенность в выборе метода решения, т.е. снять противоречивость между результатами решения различными методами и обеспечить тем самым устойчивость полученного результата. Для выбора рационального метода решения задачи воспользуемся обобщенной функцией желательности Харрингтона [6]. Величина получаемой при этом обобщенной функции желательности может служить некоторой интегральной мерой предпочтительности сравниваемых методов. В данной работе рассмотрены наиболее часто используемые методы.

Метод парных сравнений (матрицы парных сравнений) [2] используется при формировании вектора предпочтений при сравнительном анализе множества объектов, об оценке которых можно иметь лишь качественные суждения. Метод предусматривает использование эксперта, который проводит оценку объектов. Согласно методу осуществляются парные сравнения объектов во всех возможных сочетаниях. При каж-

дом сравнении выделяется наиболее предпочтительный объект, и это предпочтение выражается с помощью оценки по какой-либо шкале, например, по шкале относительной важности [5]. Метод обработки статистических данных – это метод, применяемый при сборе, представлении, анализе и интерпретации данных [2]. Метод рангов [4] предусматривает ранжирование (упорядочение) исследуемых объектов в зависимости от их относительной значимости (предпочтительности), осуществляемое экспертом.

Для экспертных оценок, приведенных в работе [1], составим таблицу 1. Интегральный показатель рационального метода обработки информации можно записать в виде произведения оценок. Для каждого из рассматриваемых методов этот показатель равен:

$$D_1 = \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 d_i} = \sqrt[3]{0,85 \cdot 0,5 \cdot 0,9} = 0,7259; \quad D_2 = \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 d_i} = \sqrt[3]{0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,85} = 0,6342;$$

$$D_3 = \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 d_i} = \sqrt[3]{0,45 \cdot 0,75 \cdot 0,68} = 0,5807.$$

**Таблица 1** – Результаты обработки экспертных оценок соответствия между методами и задачами принятия решения

Методы обработки экспертных оценок матрицы	Оценка интенсивности относительной важности задачи принятия решений			Оценки Компонент матрицы, $D_i$
	Задача выработки альтернатив	задача оценки альтернатив	задача выбора альтернатив	
Метод парных сравнений	0,85	0,5	0,9	0,7259
Метод обработки статистических данных	0,6	0,5	0,85	0,6342
Метод ранговых оценок	0,45	0,75	0,68	0,5807

Получив оценки компонент, воспользуемся шкалой Харрингтона, в которой численные значения оценки  $d$  принимают следующие значения: очень плохой –  $D \in [0; 0,2]$ , плохой –  $D \in [0,2; 0,37]$ , удовлетворительный –  $D \in [0,37; 0,63]$ , хороший –  $D \in [0,63; 0,8]$ , отличный –  $D \in [0,8; 1,0]$ . В нашем случае полученное наибольшее значение  $D_1 = 0,7259$  соответствует диапазону  $[0,63; 0,8]$  и, следовательно, метод парных сравнений может быть охарактеризован как «хороший». С учетом этого можно отметить предпочтительность данного метода по отношению к другим методам, приведенным в таблице 1.

В случае, когда количественная оценка интенсивности относительной важности компонент матрицы превышают диапазон  $[0; 1]$  и характеризуется значениями оценок, выходящими за границы приведенных шкал, то предпочтительность приведенных в таблице 1 методов может быть установлена по нормализованным значениям оценок компонент матрицы  $D_i$ , рассчитанным как  $D_i = D_i / \sum D_i$ . Например, если для экспертных оценок воспользоваться шкалой относительной важности [5], то получим нормализованные значения оценок, приведенные в шестом столбце таблицы 2. Если для полученных значений нормализованных оценок применить шкалу Харрингтона, то наибольшее значение  $D_1 = 0,6596$  соответствует диапазону  $[0,63; 0,8]$ , что позволяет охарактеризовать метод парных сравнений как «хороший» и считать его, как и в предыдущем случае, предпочтительным по отношению к другим рассматриваемым методам.

Отметим, что если решается только одна задача из представленных в таблице 1, например, задача выбора альтернатив, то достаточно учитывать абсолютные значения оценок, не переходя к нормализованным оценкам. В таком случае оценка, равная 0,9, принадлежащая диапазону  $D \in [0,8; 1,0]$ , по шкале Харрингтона, характеризует метод парных сравнений как «отличный». Действительно, данный метод очень прост и позволяет исследовать большее количество объектов и с большей точностью по сравнению, например, с методом ранговых оценок. В этом случае появляется большая возможность для решения многокритериальной задачи сравнительного анализа и выбора альтернатив [3].



В заключении можно отметить, что рассмотренная методика формализации задач принятия решений на основе обобщенной функции желательности Харрингтона применима при увеличении числа сравниваемых методов. Проставляя большее количество оценок по шкале желательности Харрингтона при увеличении числа экспертов, можно получить обобщенный интегральный показатель, учитывающий большее число методов решаемой задачи, сложность получения экспертной информации для ее решения, достоверность экспертной информации, а также трудоемкость алгоритма обработки информации.

**Таблица 2** – Результаты обработки экспертных оценок соответствия между методами и задачами принятия решения

Методы Обработки экспертных оценок матрицы	Оценка интенсивности относительной важности задачи принятия решений			Оценки компонент матрицы, $D_i$	Нормализован ные оценки компонент, $D_i$
	Задача выработки альтернатив	задача оценки альтернатив	задача выбора альтернатив		
Метод парных сравнений	7	8	9	7,9565	0,6596
Метод обработки статистических данных	3	3	5	3,1069	0,2575
Метод ранговых оценок	1	1	1	1,0000	0,0829
Сумма				12,0634	1,0000

**Список литературы:**

1. Захаров В.А. О выборе методов построения функций принадлежности для формализации задач принятия решений. – URL : [html/borisov/zakharov/zakharov.htm](http://borisov/zakharov/zakharov.htm) (дата обращения: 12.09.2021)
2. Калинин А.Г. Обработка данных методами математической статистики: монография. – Чита : ЗИП СибУПК, 2015. – 106 с.
3. Лубенцова Е.В., Лужевский Н.О. Обоснование методов и алгоритмов решения многокритериальных задач разработки сложных САУ // Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар, 2021. – С. 487–489.
4. Метод рангов и непосредственного оценивания. – URL : [https://all-sci.net/upravlenie-kachestvom\\_1074/172-metod-rangov-neposredstvennogo-238876.html](https://all-sci.net/upravlenie-kachestvom_1074/172-metod-rangov-neposredstvennogo-238876.html) (дата обращения: 10.09.2021).
5. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий // Пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1993. – 320 с.
6. Harington J. The Desirability Function. Industrial Quality Control. – 1965. – Vol. 21. – № 10. – P. 494–498.

УДК 514.74.(045)

## О ДВУХ ФОРМУЛАХ ПРОИЗВЕДЕНИЯ СИНУСОВ



## ABOUT TWO PRODUCT FORMULAS FOR SINES

**Терещенко И.В.**

кандидат физико-математических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
adm@kgtu.kuban.ru

**Аннотация.** В работе рассмотрены две формулы произведения синусов. Предложен их вывод, отличный от изложенного в книге [1, 2] и более простой, чем в книге Стюарта «Продвинутый анализ» [2].

**Ключевые слова:** тригонометрия, произведение синусов, произведение косинусов, синус, косинус.

**Tereshchenko I.V.**

PhD in Physical and Mathematical  
Sciences, Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
adm@kgtu.kuban.ru

**Annotation.** The paper considers two formulas for the product of sines. Their conclusion is proposed, which differs from that stated in the book [1, 2] and is simpler than in the book of Stuart «Advanced Analysis» [2].

**Keywords:** trigonometry, product of sines, product of cosines, sine, cosine.

**Введение.** На сайте математика-не-для-всех.рф в статье «Самая красивая формула тригонометрии в деле. Раскалываем как орешек олимпиадную задачу МГУ» приведена следующая задача из олимпиады 2008 года МГУ «Покори Воробьевы горы»

Найдите значение выражения

$$\log_2(\sin 1^\circ \sin 3^\circ \dots \sin 87^\circ \sin 89^\circ). \quad (1)$$

Блогер Андрей, который написал эту статью, связывал решение задачи с самой красивой формулой тригонометрии (по мнению этого блогера)

$$\sin nx = 2^{n-1} \sin x \sin\left(x + \frac{\pi}{n}\right) \sin\left(x + \frac{2\pi}{n}\right) \dots \sin\left(x + \frac{(n-1)\pi}{n}\right). \quad (2)$$

Доказательство самой формулы (2) он не привёл, заметив при этом, что она доказывается методом математической индукции. Автору данной работы такого рода доказательств неизвестны [1]. Мы вычислим значение выражения (1) другим способом, не используя метод математической индукции. Затем мы докажем более общую формулу, а так же следствия из неё.

### Вычисление значения выражения (1)

Перепишем выражение (1) следующим образом

$$\begin{aligned} \log_2(\sin 1^\circ \sin 3^\circ \dots \sin 87^\circ \sin 89^\circ) &= \log_2\left(\frac{\sin 1^\circ \sin 2^\circ \sin 3^\circ \dots \sin 87^\circ \sin 88^\circ \sin 89^\circ}{\sin 2^\circ \sin 4^\circ \dots \sin 86^\circ \sin 88^\circ}\right) = \\ &= \log_2\left(\sin 45^\circ \frac{\sin 1^\circ \sin 2^\circ \sin 3^\circ \dots \sin 44^\circ \sin 46^\circ \dots \sin 88^\circ \sin 89^\circ}{\sin 2^\circ \sin 4^\circ \dots \sin 86^\circ \sin 88^\circ}\right) = \\ &= \log_2\left(\sin 45^\circ \frac{\sin 1^\circ \sin 2^\circ \sin 3^\circ \dots \sin 44^\circ \cos 44^\circ \dots \cos 2^\circ \cos 1^\circ}{\sin 2^\circ \sin 4^\circ \dots \sin 86^\circ \sin 88^\circ}\right) = \\ &= \log_2\left(\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{(\sin 1^\circ \cos 1^\circ)(\sin 2^\circ \cos 2^\circ) \dots (\sin 44^\circ \cos 44^\circ)}{\sin 2^\circ \sin 4^\circ \dots \sin 86^\circ \sin 88^\circ}\right) = \\ &= \log_2\left(\frac{\sqrt{2}}{2 \cdot 2^{44}} \frac{\sin 2^\circ \sin 4^\circ \dots \sin 86^\circ \sin 88^\circ}{\sin 2^\circ \sin 4^\circ \dots \sin 86^\circ \sin 88^\circ}\right) = \log_2\left(\frac{1}{\sqrt{2} \cdot 2^{44}}\right) = -44,5. \end{aligned}$$

Одновременно, мы вычислили произведение

$$\sin 1^\circ \sin 3^\circ \dots \sin 87^\circ \sin 89^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2^{45}}. \quad (3)$$

### Обобщение формулы (3)

Перепишем выражение (3) следующим образом

$$\sin \frac{\pi}{4 \cdot 45} \sin \frac{3\pi}{4 \cdot 45} \dots \sin 87^\circ \sin \frac{(2 \cdot 45 - 1)\pi}{4 \cdot 45} = \frac{\sqrt{2}}{2^{45}}.$$

В таком случае, формулу (3) можно рассматривать как частный случай следующего произведения синусов

$$\prod_{k=1}^n \sin \frac{(2k-1)\pi}{4n} = \frac{\sqrt{2}}{2^n}. \quad (4)$$

Для доказательства формулы (4), применим тот же приём, что и при выводе формулы (3)

$$\begin{aligned} \prod_{k=1}^n \sin \frac{(2k-1)\pi}{4n} &= \prod_{k=1}^n \sin \frac{(2k-1)\pi}{4n} \cdot \frac{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{2k\pi}{4n}}{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{2k\pi}{4n}} = \frac{\prod_{k=1}^{2n-1} \sin \frac{k\pi}{4n}}{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n}} = \frac{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{4n} \cdot \sin \frac{n\pi}{4n} \cdot \prod_{k=n+1}^{2n-1} \sin \frac{k\pi}{4n}}{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n}} = \\ &= \frac{\sqrt{2} \prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{4n} \prod_{k=n+1}^{2n-1} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{k\pi}{4n}\right)}{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n}} = \frac{\sqrt{2} \prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{4n} \prod_{k=2n-n+1}^{2n-1} \cos \frac{2n-k}{4n}}{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n}} = \frac{\sqrt{2} \prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{4n} \prod_{k=n-1}^{2n-k=1} \cos \frac{2n-k}{4n}}{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n}} = \\ &= \frac{\sqrt{2} \prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{4n} \prod_{k=1}^{n-1} \cos \frac{k\pi}{4n}}{\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n}} = \frac{\sqrt{2} \prod_{k=1}^{n-1} 2 \sin \frac{k\pi}{4n} \cos \frac{k\pi}{4n}}{2^{n-1} \prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n}} = \frac{\sqrt{2}}{2^n}. \end{aligned}$$

Доказывая формулу (4), мы установили, что

$$\prod_{k=1}^n \sin \frac{(2k-1)\pi}{4n} = \prod_{k=1}^n \cos \frac{(2k-1)\pi}{4n} = \frac{\sqrt{2}}{2^n}. \quad (5)$$

Из формул (4) и (5) нетрудно получить новые тригонометрические формулы:

$$\prod_{k=1}^n \operatorname{tg} \frac{(2k-1)\pi}{4n} = 1, \quad \prod_{k=1}^n \sin^2 \frac{(2k-1)\pi}{4n} = \prod_{k=1}^n \cos^2 \frac{(2k-1)\pi}{4n} = \frac{1}{2^{2n-1}}. \quad (6)$$

### Ещё одна формула с произведениями синусов

С формулой (5) тесно связана ещё одна формула для произведения синусов

$$\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n} = \frac{\sqrt{n}}{2^{n-1}}. \quad (7)$$

Её вывод изложен в книгах [1, 2, 3]. Учитывая значения корней степени  $2n$  из единицы

$$z_k = \sqrt[2n]{1_k} = e^{i \frac{0+2k\pi}{2n}} = e^{i \frac{k\pi}{n}} = \cos \frac{k\pi}{n} + i \sin \frac{k\pi}{n}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, 2n-1,$$

получаем следующее разложение

$$\begin{aligned} z^{2n} - 1 &= \prod_{k=0}^{2n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) = \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) \Big|_{k=0} \cdot \prod_{k=1}^{n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) \cdot \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) \Big|_{k=n} \cdot \\ &\cdot \prod_{k=n+1}^{2n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) = (z^2 - 1) \prod_{k=1}^{n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) \prod_{k=n+1}^{2n-1} \left( z + e^{-i\pi} e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) = \\ &= (z^2 - 1) \prod_{k=1}^{n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) \prod_{k=n+1}^{2n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right). \end{aligned}$$

Последнее произведение преобразуем следующим образом

$$\begin{aligned} \prod_{k=n+1}^{2n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) &= \prod_{k=2n-n+1}^{k-2n=-1} \left( z - e^{i \frac{(k-2n)\pi + 2n\pi}{n}} \right) = \prod_{m=-n+1}^{m=-1} \left( z - e^{i \frac{2n\pi}{n}} \right) = \\ &= \prod_{k=n-1}^{k=1} \left( z - e^{-i \frac{k\pi}{n}} \right) = \prod_{k=1}^{k=n-1} \left( z - e^{-i \frac{k\pi}{n}} \right) = \prod_{k=1}^{n-1} \left( z - e^{-i \frac{k\pi}{n}} \right) \end{aligned}$$

Отсюда следует, что

$$\begin{aligned} z^{2n} - 1 &= (z^2 - 1) \prod_{k=1}^{n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) \left( z - e^{-i \frac{k\pi}{n}} \right) = (z^2 - 1) \prod_{k=1}^{n-1} \left( z - e^{i \frac{k\pi}{n}} \right) \left( z - e^{-i \frac{k\pi}{n}} \right) = \\ &= (z^2 - 1) \prod_{k=1}^{n-1} \left( z^2 - \left( e^{i \frac{k\pi}{n}} + e^{-i \frac{k\pi}{n}} \right) z + 1 \right) = (z^2 - 1) \prod_{k=0}^{n-1} \left( z^2 - 2z \cos \frac{k\pi}{n} + 1 \right). \end{aligned}$$

Если  $z \neq \pm 1$ , то  $\frac{z^{2n}-1}{z^2-1} = \prod_{k=1}^{n-1} \left( z^2 - 2z \cos \frac{k\pi}{n} + 1 \right)$ . Переходя к пределу при  $z \rightarrow 1$ , получим

$$\lim_{z \rightarrow 1} \frac{z^{2n}-1}{z^2-1} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{(z^2-1)(z^{2(n-1)} + z^{2(n-2)} + \dots + z^2 + 1)}{z^2-1} = n,$$

$$\lim_{z \rightarrow 1} \prod_{k=1}^{n-1} \left( z^2 - 2z \cos \frac{k\pi}{n} + 1 \right) = \prod_{k=1}^{n-1} \left( 2 - 2 \cos \frac{k\pi}{n} \right) = \prod_{k=1}^{n-1} \left( 4 \sin^2 \frac{k\pi}{2n} \right) = 4^{n-1} \prod_{k=1}^{n-1} \sin^2 \frac{k\pi}{2n}.$$

Отсюда получаем, что  $n = 4^{n-1} \prod_{k=1}^{n-1} \sin^2 \frac{k\pi}{2n}$  или  $\prod_{k=1}^{n-1} \sin \frac{k\pi}{2n} = \frac{\sqrt{n}}{2^{n-1}}$ .

**Заключение.** Доказаны некоторые формулы, содержащие произведения тригонометрических функций.

**Список литературы:**

1. Новосёлов С.И. Специальный курс тригонометрии. – 5-е изд. – М. : Высшая школа, 1967. – 536 с.
2. Stewart C.A. Advanced Calculus. 3-dedition. – London : Methuen&Co. LTD. – 523 p.
3. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. – М. : Наука, ГРФМЛ. – Т. 2. – 800 с.

УДК 519.87 (544.6)

**УСЛОВИЕ НАРУШЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ РЕАКЦИИ  
ДИССОЦИАЦИИ / РЕКОМБИНАЦИИ МОЛЕКУЛ ВОДЫ  
В МЕМБРАННЫХ СИСТЕМАХ**



**THE CONDITION OF DISEQUILIBRIUM OF THE  
DISSOCIATION / RECOMBINATION REACTION OF WATER MOLECULES  
IN MEMBRANE SYSTEMS**

**Чубырь Н.О.**

кандидат физико-математических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
chubyr-natalja@mail.ru

**Коваленко А.В.**

доктор технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
savanna-05@mail.ru

**Шарпан М.В.**

кандидат физико-математических наук,  
Краснодарский университет МВД России  
marusi2000@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе произведен численный и аналитический анализ нестационарной одномерной модели переноса ионов 1:1 соли. Показано, что для возникновения некаталитической диссоциации молекул воды нужно, чтобы не только напряженность электрического поля имела большое значение, но, и чтобы она быстро менялась. Определены основные закономерности изменения функции равновесия реакции диссоциации / рекомбинации молекул воды.

**Ключевые слова:** математическая модель, мембрана, численное решение, диссоциация, напряженность электрического поля.

**Chubyr N.O.**

PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
chubyr-natalja@mail.ru

**Kovalenko A.V.**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
savanna-05@mail.ru

**Sharpan M.V.**

PhD in Physical and Mathematical Sciences,  
Krasnodar university Ministry of internal affairs of the Russian Federation  
marusi2000@mail.ru

**Annotation.** In this paper, a numerical and analytical analysis of a nonstationary one-dimensional 1:1 salt ion transport model is performed. It is shown that for the occurrence of non-catalytic dissociation of water molecules, it is necessary that not only the electric field strength is of great importance, but also that it changes rapidly. The main regularities of changes in the equilibrium function of the dissociation/recombination reaction of water molecules are determined.

**Keywords:** mathematical model, membrane, numerical solution, dissociation, electric field strength.

**Введение.** Диссоциация воды в системах с ионообменными мембранами впервые отмечена в [2–4]. Показано, что эта реакция оказывает большое влияние на различные процессы в мембранных системах [6, 7]. В настоящее время различают два вида реакции диссоциации молекул воды: каталитическая, которая возникает на поверхности ионообменных мембран в реакциях переноса протона между заряженными группами в мембране и молекулами воды и некаталитическая реакция диссоциации молекул воды, вызванная большими значениями напряженности электрического поля [8]. Некаталитическая реакция диссоциации молекул воды может происходить с максимально возможной скоростью, ограниченной константой диссоциации [1, 4, 5]. В работе произведен численный и аналитический анализ нестационарной одномерной модели переноса ионов 1:1 соли и показано, что для возникновения некаталитической диссоциации молекул воды нужно, чтобы не только напряженность электрического поля имела большое значение, но и ее производная была большой. Определены основные закономерности изменения функции равновесия реакции диссоциации / рекомбинации молекул воды.

**Математическая модель 1D**

Нестационарный перенос ионов соли для 1:1 электролита (например, KCl) в сечении канала с учетом пространственного заряда и реакции диссоциации / рекомбинации, описывается следующей системой уравнений [6]:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -\frac{\partial j_i}{\partial x} + R_i, i = 1 \dots 4. \quad (1)$$

$$j_i = -z_i \frac{F}{RT} D_i C_i \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_i \frac{\partial C_i}{\partial x}, i = 1 \dots 4. \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = -\frac{F}{\varepsilon_r} (z_1 C_1 + z_2 C_2 + z_3 C_3 + z_4 C_4), \quad (3)$$

$$R_1 = R_2 = 0, R_3 = R_4 = k_d C_{H_2O} - k_r C_3 C_4 = k_r (k_w - C_3 C_4), \quad (4)$$

$$z_1 = 1, z_2 = -1, z_3 = 1, z_4 = -1,$$

$$I = F \sum_{i=1}^4 z_i j_i. \quad (5)$$

Здесь (1) – уравнения материального баланса, (2) – уравнения Нернста-Планка для потоков ионов калия ( $K^+$ ,  $i = 1$ ), хлора ( $Cl^-$ ,  $i = 2$ ), водорода ( $H^+$ ,  $i = 3$ ) и гидроксила ( $OH^-$ ,  $i = 4$ ), (3) – уравнение Пуассона для потенциала электрического поля, (4) – формулы, описывающие реакцию диссоциации / рекомбинации молекул воды, (5) – уравнение протекания тока, которое означает, что ток, протекающий через сечение канала обессоливания, определяется потоком ионов,  $\varepsilon_r$  – диэлектрическая проницаемость раствора,  $F$  – число Фарадея,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  – абсолютная температура,  $\varphi$  – потенциал,  $E = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}$  – напряженность электрического поля,  $C_i$ ,  $J_i$ ,  $D_i$  – концентрация, поток, коэффициент диффузии  $i$ -го иона,  $I$  – плотность тока Фарадея, определяемая потоком ионов,  $k_r = 1,1 \cdot 10^8 \text{ м}^4 / (\text{с} \cdot \text{моль})$  – константа диссоциации,  $k_w = 10^{-8} \text{ моль}^2 / \text{м}^2$  – коэффициент равновесия

Граничные условия:

$$\left( -\frac{F}{RT} C_i D_i \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_i \frac{\partial C_i}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = 0; \quad C_2(t, 0) = C_{2a}; \quad \left( -\frac{F}{RT} C_3 D_3 \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_3 \frac{\partial C_3}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = j_{3a};$$

$$\frac{\partial C_4(t, 0)}{\partial x} = 0; \quad \varphi(t, 0) = d \cdot t; \quad C_1(t, H) = C_{1k}; \quad \left( \frac{F}{RT} C_2 D_2 \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_2 \frac{\partial C_2}{\partial x} \right) \Big|_{x=H} = 0;$$

$$\frac{\partial C_3(t, H)}{\partial x} = 0; \quad \left( \frac{F}{RT} C_4 D_4 \frac{\partial \varphi}{\partial x} - D_4 \frac{\partial C_4}{\partial x} \right) \Big|_{x=H} = j_{3k}; \quad \varphi(t, H) = 0.$$

В граничных условиях предполагается идеальная селективность ионообменных мембран. Значения концентраций ионов, проходящих через мембраны, в граничных точках определяются величинами обменных емкостей ионообменных мембран. Теоретически, обменная емкость мембраны меняется со временем, но для небольшого промежутка времени этими изменениями можно пренебречь.

Рассматривается потенциодинамический режим, то есть скачок потенциала увеличивается с некоторой скоростью развертки  $d$ :  $\varphi(t, 0) = d \cdot t$ . Поскольку рассматривается некаталитическая реакция диссоциации/рекомбинации молекул воды, то предполагается, что инжекция ионов водорода и гидроксила с поверхности мембран отсутствует:  $j_{3a} = j_{4k} = 0$ . Начальные условия имеют вид:

$$C_1(0, x) = C_2(0, x) = C_{10}(x) = C_{20}(x); \quad C_3(0, x) = C_4(0, x) = 0 \text{ моль} / \text{м}^3; \quad \varphi(1, x) = 0.$$

### Анализ численного решения

Рассмотрим численное решение при следующих параметрах:

$$C_{1k} = C_{2a} = 0,1 \text{ моль} / \text{м}^3, \quad d = 0,005 \text{ В/с}, \quad C_1(0, x) = C_2(0, x) = 0,1 \text{ моль} / \text{м}^3, \quad \varphi_0(x) = 0.$$

Начиная со скачка потенциала, примерно, 0,5 В и больше графики концентраций, напряженность электрического поля и функция локального равновесия  $k_w - C_3 C_4$  распределены так, как показано, на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1 в) в окрестности точки  $x_{r,1}$ , функция равновесия положительна, то есть диссоциация преобладает над рекомбинацией, поэтому эту область можно назвать областью диссоциации. Левее этой области функция принимает отрицательные значения, то есть рекомбинация преобладает над диссоциацией, поэтому эту область можно назвать областью рекомбинации. Появление здесь области диссоциации обусловлено резким изменением напряженности на левом фронте «всплеска»

(рис. 1 б). В находящейся рядом (слева от области диссоциации) области происходит рекомбинации ионов  $H^+$ , идущими со стороны анионообменной мембраны и  $OH^-$  образовавшимися в результате диссоциации в соседней области. Ионы  $H^+$ , образовавшиеся в этой области движутся вправо и рекомбинируют в области рекомбинации у правого фронта «всплеска», в окрестности точки  $x_{r,2}$ , с ионами  $OH^-$ , идущими от катионообменной мембраны. Картина распределения областей реакций диссоциации и рекомбинации со временем усложняется и могут появляться еще области диссоциации и рекомбинации. Однако, сам процесс диссоциации и рекомбинации аналогичен описанному.

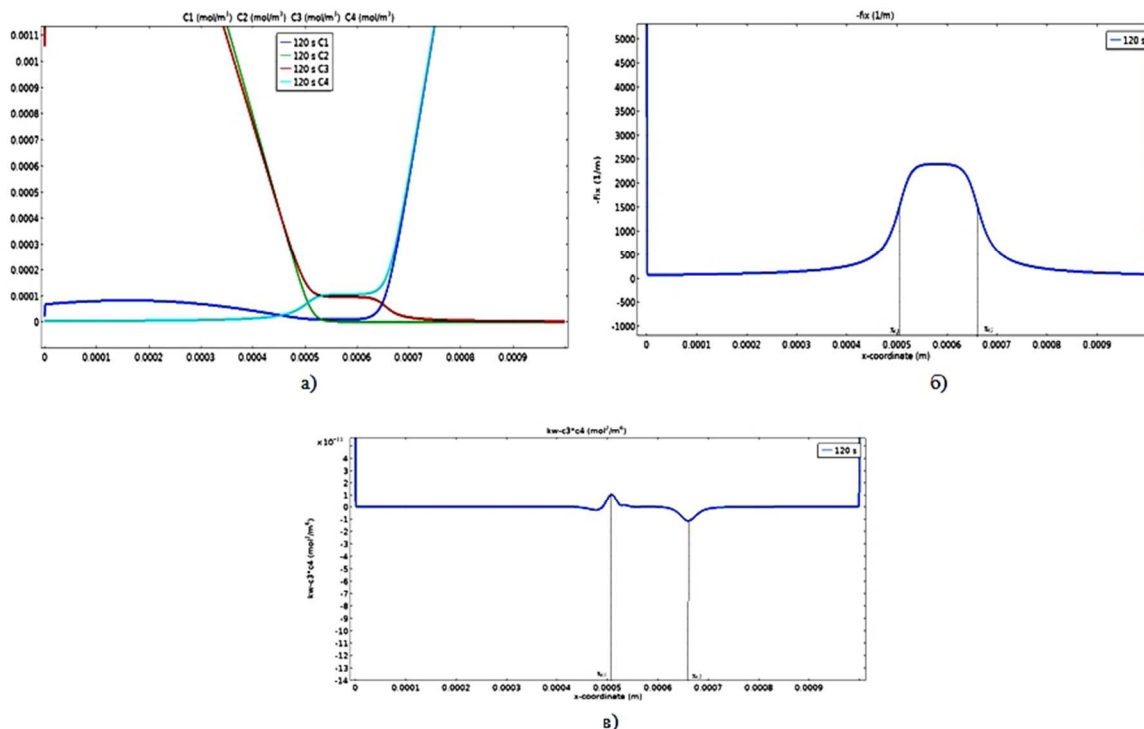


Рисунок 1 – Графики функций: а) концентраций, б) напряженности, в) локального равновесия

### Аналитический анализ

Из численного анализа следует, что в интервале  $(x_{r,1}, x_{r,2})$  концентрации  $C_i$  практически постоянны, причем концентрация ионов соли много меньше концентрации ионов водорода и гидроксила, то есть это область обессоливания. В области обессоливания из уравнений следует

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -\frac{\partial j_i}{\partial x} + k_i(k_w - C_3 C_4), i = 3,4, \quad (6)$$

$$j_i = z_i \frac{F}{RT} D_i C_i E - D_i \frac{\partial C_i}{\partial x}, i = 3,4, \quad (7)$$

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{F}{\epsilon_r} (C_3 - C_4). \quad (8)$$

Из рисунка видно, что напряженность электрического поля большая, но практически постоянная, тогда из (8) следует, что  $C_3 = C_4$ , поэтому

$$\frac{j_3}{D_3} = \frac{F}{RT} C_3 E - \frac{\partial C_3}{\partial x}, \frac{j_4}{D_4} = -\frac{F}{RT} C_4 E - \frac{\partial C_4}{\partial x}.$$

Вычитая, получим  $\frac{j_3}{D_3} - \frac{j_4}{D_4} = \frac{F}{RT} (C_3 + C_4) E$ .

Складывая, получим  $\frac{j_3}{D_3} + \frac{j_4}{D_4} = \frac{\partial(C_3 + C_4)}{\partial x}$ .

Рассмотрим уравнения (6)  $\frac{\partial C_3}{\partial t} = -\frac{\partial j_3}{\partial x} + k_r(k_w - C_3 C_4), \frac{\partial C_4}{\partial t} = -\frac{\partial j_4}{\partial x} + k_r(k_w - C_3 C_4)$ .

Вычитая предыдущие равенства, получим  $0 = -\frac{\partial(j_3 - j_4)}{\partial x}$ , то есть  $j_3 - j_4 = \text{const}$ .

Так как  $\frac{j_3}{D_3} + \frac{j_4}{D_4} = 0$ , то отсюда следует, что  $j_3 = \text{const}$ ,  $j_4 = \text{const}$ .

Поэтому  $\frac{\partial C_3}{\partial t} = k_r(k_w - C_3C_4)$  и  $\frac{\partial C_4}{\partial t} = k_r(k_w - C_3C_4)$ .

Складывая, получим  $\frac{\partial(C_3+C_4)}{\partial t} = 2k_r(k_w - C_3C_4)$ .

Откуда следует, что  $\frac{1}{k_r} \frac{\partial C_3}{\partial t} = \frac{1}{k_r} \frac{\partial C_4}{\partial t} = k_w - C_3C_4$ .

Так как константа рекомбинации велика, то, поскольку концентрации ионов  $H^+ \cdot OH^-$  меняются достаточно медленно по времени, то выполняется локальное равновесие, то есть  $k_w - C_3C_4 = 0$ .

Таким образом, для того, чтобы условие равновесия нарушалось, надо не только, чтобы напряженность имела достаточно большое значение, но и нужно, чтобы она быстро менялась, то есть производная напряженности была большой.

Заметим, что в тоже время в окрестностях точек  $x_{r,1}$  и  $x_{r,2}$  равновесие реакции диссоциации / рекомбинации нарушается, и эти точки характеризуются тем, что в их окрестности не только напряженность, но и ее производная имеют большое значение.

### Заключение

В работе, на основе численного и аналитического анализа нестационарной одномерной модели переноса ионов 1:1 соли, показано, что для возникновения некаталитической диссоциации молекул воды необходимо, не только, чтобы напряженность имела достаточно большое значение, но и, чтобы она быстро менялась.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 20-58-12018 ННИО\_а «Исследование влияния электроконвекции, диссоциации воды и геометрии спейсеров на электродиализное обессоливание в интенсивных токовых режимах».

### Список литературы:

1. Bulatnikova I.N., Gershunina N.N. Algorithmic support of problems of electronic kinematics // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13. – № 5. – P. 1833–1837.
2. Dukhin S.S., Mishchuk N.A. Intensification of electro dialysis based on electroosmosis of the second kind // J. Membr. Sci. – 1993. – Vol. 79. – P. 199–210.
3. Численное решение краевой задачи модели переноса бинарного электролита в приближении закона Ома / А.В. Коваленко [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 77. – С. 335–350.
4. Simons R. Water splitting in ion exchange membranes // Electrochim. Acta. – 1985. – № 30. – P. 275–282.
5. Тимашев С.Ф. Физикохимия мембранных процессов. – М. : Химия, 1988. – 240 с.
6. Theoretical analysis of the stationary transport of 1:1 salt ions in a cross-section of a desalination channel, taking into account the non-catalytic dissociation / M.A.Kh. Urtenov [et al.] // Recombination Reaction of Water Molecules : membranes. – 2020. – Vol. 10. – № 11. – P. 1–10.
7. Моделирование и численный анализ влияния реакции диссоциации (рекомбинации) молекул воды на перенос ионов соли в диффузионном слое / Н.О. Чубырь [и др.] // Вестник Донского государственного технического университета. – 2019. – Т. 19. – № 3. – С. 268–280.
8. Чубырь Н.О., Коваленко А.В., Уртенов М.Х. Двумерные математические модели переноса бинарного электролита в мембранных системах. (численный и асимптотический анализ). – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2012. – 132 с.



**ОБЗОР МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА**



**OVERVIEW OF METHODS FOR BUILDING INFORMATION  
MODELS OF MONITORING OBJECTS**

**Терехов Я.Д.**

бакалавр,  
Кубанский государственный технологический университет  
terehov2111@yandex.ru

**Абрамов В.В.**

бакалавр,  
Кубанский государственный технологический университет  
terehov2111@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются подходы и методы построения современных информационных моделей объектов мониторинга. Авторы статьи проводят аналитический обзор методов синтеза многоуровневых моделей объектов мониторинга.

**Ключевые слова:** информационные модели, объект мониторинга, математическая функция, синтез, алгоритмы, структура, информация

**Terekhov Ya.D.**

Bachelor,  
Kuban State Technological University  
terehov2111@yandex.ru

**Abramov V.V.**

Bachelor,  
Kuban State Technological University  
terehov2111@yandex.ru

**Annotation.** The article discusses approaches and methods of constructing modern information models of monitoring objects. The authors of the article conduct an analytical review of the methods of synthesis of multilevel models of monitoring objects.

**Keywords:** information models, monitoring object, mathematical function, synthesis, algorithms, structure, information

Объектами мониторинга могут являться технические, биологические, природные и другие объекты. В технической области средства мониторинга традиционно используются для наблюдения за специализированными объектами, например, ракетно-космическая, авиационная и другая техника. Моделирование этих объектов позволяет снизить вероятность ошибок в управлении, которые могут привести к необратимым негативным последствиям, срыву выполнения возлагаемых на объекты задач. Существенное внимание вопросам синтеза моделей объектов мониторинга также уделяется в области телекоммуникаций. За последние несколько лет телевизионные и другие сети вышли на новый уровень развития. Одновременно усложнились задачи мониторинга этих сетей и управления ими. За счет синтеза моделей телекоммуникационных сетей возможно обеспечить их надежную и безопасную работу. В области природных и биологических объектов синтез моделей объектов мониторинга может позволить избежать различных природных катастроф, гибели живых организмов [1].

В настоящее время существенно увеличилось количество используемых технических объектов. Такие объекты применяются как при решении различных специализированных задач, так и в повседневной жизни. Высокий уровень развития искусственного интеллекта позволяет наделять даже достаточно простые объекты интеллектом. Объекты могут взаимодействовать между собой с использованием различных средств связи. В этих условиях возникает задача мониторинга и управления локальными и глобальными сетями объектов [1]. Основная сложность мониторинга и управления состоит в том, что объекты имеют различные структуры и поведение, которые изменяются во времени.

Основным источником информации об объектах являются поступающие от них данные. Объекты обладают достаточно широкими возможностями по сбору данных. Измерения выполняются с использованием установленных на объектах датчиков, которые позволяют измерять значения различных параметров объектов. Результаты измерений представляют собой многомерные временные ряды количественных, реже каче-

ственных значений. Объекты, как правило, имеют многоуровневую физическую и логическую структуры. Элементами их физической структуры являются узлы, агрегаты, блоки и другие устройства, к ним также относятся подсистемы, системы и так далее. Между структурными элементами объектов имеются множественные связи. Состав элементов, их состояния и связи между ними могут изменяться динамически.

Решение многих практических задач, построения моделей объектов мониторинга показало, что объекты мониторинга имеют сложную структурную организацию. Часто такие объекты являются пространственно соотнесенными. В их состав входят десятки, сотни, а иногда и тысячи элементов. Все эти элементы некоторым образом связаны друг с другом и находятся в постоянном взаимодействии. Одни составляющие могут оказывать существенное влияние на другие. Большое число составляющих приводит к неоднородности объектов в целом. Отдельно наблюдаемые объекты могут являться элементами других, еще более сложных объектов, о которых требуется получать информацию. Объекты могут объединяться в локальные и глобальные сети. Значительное влияние на состояние и поведение объектов может оказывать окружающая среда.

Возможности по построению моделей объектов ограничиваются наличием исходных данных об этих объектах, внешней среде, моделей связанных с ними объектов; наличием ресурсов для сбора и обработки данных; допустимыми значениями точности и достоверности формируемых решений, допустимым временем решения задач.

Для решения задач мониторинга и управления объектами необходимо иметь структурные описания этих объектов, характеризующие их состояния на различные моменты времени. На каждый момент времени состояние объекта может описываться некоторой структурой, для которой определены элементы, установлены связи между ними. Такие описания можно рассматривать как модели объектов. Модели объектов могут отражать их физическую или логическую структуру. Возможно построение моделей, рассматривающих объекты с других точек зрения. Требования к моделям определяются составом решаемых задач. Источником данных для построения моделей являются собираемые об объектах данные. Построение моделей может быть обеспечено за счет их синтеза. Возможности синтеза ограничены отсутствием описаний множества возможных структур объектов, а также высокой вычислительной сложностью применяемых при синтезе методов.

Известные методы синтеза не в полной мере удовлетворяют потребностям практики по точности и оперативности. Рассмотрим новый метод синтеза, позволяющий строить многоуровневые модели объектов по полученным от объектов данным.

Синтез моделей может осуществляться на основе полных формальных спецификаций, в качестве которых могут использоваться, например, логические или математические функции. При описании логических функций, как правило, применяется логика первого порядка. Входными данными могут также являться примеры пар входных и выходных данных и примеры синтеза формальных структур. Отличие двух последних вариантов задания исходных данных состоит в том, что примеры синтеза дополнительно показывают способы преобразования данных, которые применяются при синтезе. Кроме того, в качестве входных данных могут выступать примеры синтезируемых структур.

Классическими методами синтеза являются методы индуктивного и дедуктивного синтеза. Дедуктивный синтез. При дедуктивном синтезе [2], [3] модели строятся на основе спецификации и множества логических аксиом. В ходе синтеза строятся возможные варианты структур, соответствующих спецификации. Для дедуктивного синтеза требуется полная аксиоматика и полная формальная спецификация. Идея построения интерпретируемых решений с использованием доказательств за счет объединения отдельных более частных решений рассматривалась еще в 1932 г. А.Н. Колмогоровым [4]. После разработки первого метода для автоматического доказательства теорем появилось много работ по дедуктивному синтезу [8], в большинстве которых рассматриваются проблемы синтеза программных структур. Синтез предусматривает доказательство существования структур на заданном множестве условий, которые связывают исходные данные с планируемым результатом, и извлечение результирующих структур из доказательств с применением таких методов, как метод резолюций [9] и метод обратного вывода [10].

Индуктивный синтез позволяет использовать менее строгие спецификации. При индуктивном синтезе вместо логического вывода на основе формальных спецификаций выполняется итеративный поиск требуемой структуры. Данный метод обладает высокой гибкостью, но сталкивается с проблемой масштабирования. Индуктивный синтез получил развитие в области синтеза программных структур. Первыми работами в этой области стали [13].

При таком подходе выполняется синтез возможных структур, которые затем оцениваются. Если полученные оценки не отвечают требованиям, то синтезируются другие структуры. Исследовались различные возможные способы синтеза структур, в том числе с использованием генетического подхода [11], метода Монте-Карло по схеме марковской цепи, вероятностный вывод.

Наряду с дедуктивным и индуктивным методами также существует подход к синтезу на основе трансформаций [6]. Он предусматривает итеративную трансформацию верхнеуровневых описаний. В результате трансформаций обеспечивается переход от верхнеуровневых описаний к требуемым структурам.

На практике классические методы синтеза, как правило, применяются в комбинации с методами, позволяющими ограничить пространство поиска решений и тем самым снизить сложность поиска.

К таким методам относятся: разрешение ограничений, статистические и методы машинного обучения. Методы разрешения ограничений предусматривают два шага: генерацию ограничений и разрешение ограничений. Ограничения могут генерироваться на основе инвариантов, исходных данных, путей поиска. Недостатком первой группы методов [7] является сложность генерируемых ограничений. Это связано с тем, что индуктивные инварианты формулируются с использованием логик, имеющих большую выразительность, чем логика, применяемая при описании синтезируемых структур. Методы второй группы лишены этого недостатка, однако они гарантируют соответствие спецификации и синтезированных структур только на множестве исходных данных [8]. Методы этой группы используются совместно с методами поиска на основе контр-примеров. К третьей группе методов относятся промежуточные варианты генерации ограничений. Генерируемые ограничения обеспечивают соответствие спецификаций и синтезируемых структур на множестве исходных данных, при которых осуществляется проход по заданному набору путей [9]. Синтезируемые ограничения могут описываться с использованием логики второго порядка, содержать кванторы всеобщности.

Статистические методы и методы машинного обучения применяются для построения функций правдоподобия, которые могут использоваться при определении путей дальнейшего поиска на каждом из шагов синтеза формальных структур. Определение пути предполагает выбор не терминального пути. Функции правдоподобия могут строиться на основе исходных данных или данных, полученных из дополнительных источников [10].

Несмотря на то, что в последние годы в области синтеза моделей объектов мониторинга получены значительные результаты, они не лишены серьезных ограничений. Среди них выступают высокие требования к входным данным, высокая сложность решаемых задач, необходимость значительного участия человека в процессе моделирования, не проработанность автоматического многоуровневого синтеза моделей объектов мониторинга.

Таким образом, можно утверждать, что уровень развития теории синтеза во многом не удовлетворяет современным потребностям практики в построении моделей объектов мониторинга.

Следовательно, в настоящее время является актуальной разработка основ теории и методов многоуровневого автоматического синтеза автоматных моделей объектов мониторинга, отвечающих современным потребностям практики по снижению вычислительной сложности этого синтеза.

**Список литературы:**

1. Медведев Ю.С., Терехов В.В. «База данных лекционного курса по дисциплине «Информатика» для специальности 25.05.04» // Свидетельство о регистрации базы данных 2021621428, 01.07.2021. Заявка № 2021621304 от 21.06.2021.
2. Медведев Ю.С., Терехов В.В. «Исследование оценки защищенности информационных систем методами имитационного моделирования» // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 504–505.
3. Медведев Ю.С., Терехов В.В. «Программа формирования индивидуального плана преподавательского состава кафедры и итоговых таблиц по распределению объема рабочего времени по видам деятельности на учебный год» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020618003, 15.07.2020. Заявка № 2020616883 от 02.07.2020.
4. Медведев Ю.С., Терехов В.В. Резервирование базы данных инструментами СУБД Oracle // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 3. – С. 41–43.

**ГУМАНИТАРНЫЕ  
И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ  
НАУКИ**

---

**HUMANITIES  
AND SOCIO-ECONOMIC  
SCIENCES**



УДК 355.4

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АВИАЦИИ В ИНТЕРЕСАХ  
ПОДВИЖНЫХ ВОЙСК В НАСТУПАТЕЛЬНОЙ ОПЕРАЦИИ**



**EXPERIENCE IN THE USE OF AVIATION IN THE INTERESTS OF  
MOBILE TROOPS IN AN OFFENSIVE OPERATION**

**Медведев В.И.**

кандидат исторических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mil.ru

**Аннотация.** В настоящей статье рассматривается решение наиболее сложных вопросов, касающихся повышения интенсивности и эффективности действий авиации в интересах подвижных групп фронтов в Витебско-Оршанской, Львовско-Сандомирской и Ясско-Кишенёвской операциях, проводившихся в 1944 г.

**Ключевые слова:** подвижные группы фронта, конно-механизированные группы, тактическая зона обороны, танковая армия, воздушная армия, штурмовая (истребительная) авиационная, дивизия (корпус).

**Medvedev V.I.**

PhD in Historical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mil.ru

**Annotation.** This article discusses the solution of the most complex issues related to increasing the intensity and effectiveness of aviation actions in the interests of mobile groups of fronts in the Vitebsk-Orsha, Lviv-Sandomierz and Yasi-Kishinev operations conducted in 1944.

**Keywords:** mobile front groups, horse-mechanized groups, tactical defense zone, tank army, air army, assault (fighter) aviation, division (corps).

**В** годы Великой Отечественной войны ВВС Красной армии приобрели богатый опыт боевых действий в интересах танковых армий (ТА) и конно-механизированных групп (КМГ), использовавшихся в наступательных операциях фронтов в качестве подвижных групп. Интенсивные и эффективные действия авиации обеспечивали подвижным группам благоприятные условия для ввода их в сражение (прорыв) и развития тактического успеха в оперативный.

Танковые армии и конно-механизированные группы использовались в называвшихся операциях для до прорыва тактической зоны обороны (ТЗО) и развития тактического успеха в оперативный. ТА имели обычно в своём составе 1–2 танковых и один механизированный корпус. КМГ состояла из кавалерийского и механизированного или танкового корпусов. При этом в каждой рассматриваемой операции использовались одновременно и ТА, и КМГ, а в Львовско-Сандомирской операции в 1-м Украинском фронте были задействованы одновременно три ТА и две КМГ (табл. 1).

Возросший в 1944 г. боевой и численный состав ВВС КА обеспечивал выделение для поддержки, прикрытия и решения других боевых задач в интересах подвижных групп фронтов значительных сил авиации (табл. 2). Например, в Ясско-Кишенёвской операции для действий в интересах 6 ТА, вводившейся в сражение в полосе 2 УФ, было задействовано три авиационные дивизии (шад, иад, бад). В Львовско-Сандомирской операции, которая проводилась силами одного 1 УФ, для действий в интересах каждой их трёх ТА и каждой из двух КМГ было выделено по две авиационные дивизии (иад, шад).

Кроме того, в резерве командующего 2 ВА оставалось пять истребительных и пять бомбардировочных авиационных дивизий, которые в соответствии с решением командующего также использовались в интересах ПГФ. Наиболее же мощная авиационная группировка создавалась для действий в интересах ТА и КМГ в Витебско-Оршанской операции 3 БФ. Объяснялось это тем, что 3 БФ одновременно с 1 БФ наносили удары по сходящимся направлениям на Минск.

И, как предполагалось по замыслу Белорусской стратегической наступательной операции, от того будут успешно развиваться боевые действия в полосах этих фронтов, насколько будет обеспечено достижение целей всей стратегической операции. Для взаимодействия с ТА и КМГ, действовавших в полосе 3 БФ, было выделено всего 13 авиационных дивизий, в том числе с ТА – 8, КМГ – 5 дивизий.

**Таблица 1** – Количество ТА и КМГ, использовавшиеся в наступательной операции фронта в качестве подвижной группы

№ п/п	Операция, фронт, время проведения	Было использовано	
		ТА	КМГ
1	Витебско-Оршанская, 3 БФ, июнь-июль 1944 г.	1	1 (мк, кк)
2	Львовско-Сандомирская, 1УФ, июль-август 1944 г.	3	2 (тк, кк)
3	Яско-Кишенёвская, 2УФ, 3 УФ, август 1944 г.	1 –	1 (тк, кк) –

Интенсивность и эффективность действий авиации находились в прямой зависимости от качества управления и её взаимодействия с подвижными войсками. При организации управления авиацией и её взаимодействия с подвижными войсками командование Красной армии руководствовалось двумя принципами взаимодействия: принципом поддержки подвижной группы; принципом оперативного подчинения. Сущность принципа поддержки заключалась в том, что, находясь в составе ВА, авиационные соединения выполняли боевые задачи в интересах подвижных войск в соответствии с решением командующего ВА.

Под принципом оперативного подчинения понималось то, что некоторые авиационные соединения временно передавались в оперативное подчинение объединений или соединений подвижных войск на какой-то этап операции. При этом обычно указывался лётный ресурс.

Как показал опыт Витебско-Оршанской, Львовско-Сандомирской и Яско-Кишенёвской операций, более оптимальным являлся принцип поддержки, хотя командующие и командиры формирований подвижных войск предпочитали получение авиационных сил, пусть даже временно и лишь в оперативное подчинение, но всё-таки в своё подчинение.

**Таблица 2** – Количество авиационных соединений, выделявшихся для действий в интересах ТА и КМГ

№ п/п	Операция, фронт, время проведения	Было выделено для взаимодействия	
		с ТА	с КМГ
1	Витебско-Оршанская, 3 БФ, июнь-июль 1944 г.	иак-2, бак-1, шак-1 (всего ад-8)	иак-1, бак-2, шад-1 (всего ад-5)
2	Львовско-Сандомирская, 1УФ, июль-август 1944 г.	по одной шад, одной иад (всего ад-6)	по одной шад, одной иад (всего ад-4)
3	Яско-Кишенёвская, 2 УФ, август 1944 г.	шад-1, бад-1, иад-1 (всего ад-3)	–

Организация взаимодействия на принципе поддержки давала возможность командующим ВА при необходимости все силы авиации направлять на выполнение наиболее важных задач на требуемом направлении. Это значит, что он создавал необходимые предпосылки для массированного применения авиации [1].

При действиях штурмовой авиации в интересах ТА (КМГ) управление группами штурмовиков в воздухе осуществлял командир штурмового авиационного корпуса (дивизии) со своего ПКП, который развёртывался при КП (НП) командующего ТА (КМГ). Вместе с командиром на ПКП постоянно находилась небольшая оперативная группа (ОГ) офицеров. В распоряжении командира авиакорпуса (дивизии) имелись необходимые радиосредства, с помощью которых он поддерживал связь со своим штабом (КП), а также управлял самолётами в воздухе.

Необходимо подчеркнуть, что ПКП командира авиационного корпуса (дивизии) развёртывался при КП (НП) ТА (КМГ) не до начала операции, т.е. в более благоприятной обстановке, а уже в ходе наступления в предвидении ввода в сражение ПГФ, так было, в частности, в Львовско-Сандомирской операции. В ней 1 гв. шак взаимодействовал с 3 гв. ТА. На КП (НП) 3 гв. ТА командир 1 гв. шак генерал-лейтенант авиации В.Г. Рязанов переместился сразу же после поддержки общевойсковой армии, проры-



вавшей оборону противника, и находился там постоянно при вводе в прорыв и при действиях танкистов в оперативной глубине [2].

Одновременно в танковых корпусах находились офицеры связи авиации. Все они: и командир авиакорпуса при КП (НП) ТА (КМГ), и офицеры связи авиации в танковых корпусах имели необходимые радиосредства. Командир авиакорпуса имел: РАФ для связи со штабом (КП) авиационного корпуса и аэродромами; рацию РСБ для управления самолетами-штурмовиками в воздухе и для связи с офицерами связи авиации в танковых корпусах. Офицеры связи авиации имели рацию РСБ в танке для наведения самолётов на наземные цели и для связи с командиром шак. Их задача заключалась в том, чтобы информировать командира шак об обстановке в полосе наступления тк и главное – управлять самолётами в воздухе.

Такое управление штурмовиками, как убедительно подтвердил опыт, обеспечивало его оперативность и непрерывность. Например, 17 июля 1944 г., после ввода основных сил 3 гв. ТА в сражение, противник создал крупные группы танков и артиллерии на флангах этой армии, стремясь замкнуть вокруг неё кольцо и окружить. В этом районе на своём ПКП (южнее Нуца) находился командир 1 гв. шак. Противник простреливал весь коридор прорыва, так как его ширина не превышала 5 км. Командир 1 гв. шак, несмотря на угрожающее положение, не сменил место своего ПКП, а, наоборот, вызвал группы штурмовиков с аэродромов и наводил каждую из них на стрелявшие артбатареи и танки противника. До наступления темноты 1 гв. шак непрерывными ударами уничтожал контратаковавшего врага и не допустил соединения южной и северной групп противника [3].

В ряде операций в подвижную группу фронта кроме ТА и КМГ входили отдельные танковые корпуса (Витебско-Оршанская операция ЗБФ, Яско-Кишинёвская операция 2 УФ), а в Яско-Кишинёвской операции 3 УФ подвижная группа включала два механизированных корпуса. В таких случаях для управления штурмовиками, действовавшими в интересах тк (мк), командир шак (шад) размещался с ОГ на кп командира тк (мк) и имел танк с двумя рациями: одна (РСБ) – для связи с офицерами связи авиации, находившимися в танковых бригадах, и для управления штурмовиками в воздухе; другая (танковая радиостанция Р-9) – для вхождения в сеть командиров тк (мк) и танковых бригад. Помимо этого, командир шак (шад) имел, как правило, с собой рацию РАФ для связи со штабом (КП) шак (шад) и аэродромами, где имелся приёмник, дежуривший на волне рации командира шак (шад). В распоряжении ОГ командира шак (шад) находился также приёмник, дежуривший на волне командующего ВА [4].

Управление истребителями, прикрывавшими ПГФ, осуществлялось с ПКП иак (иад), который развертывался, как правило, при КП (НП) ПГФ. В распоряжении командира иак (иад) имелась ОГ с необходимыми средствами связи: рация РСБ, использовавшаяся для управления истребителями в воздухе; рация РАФ, применявшаяся для вызова истребителей с аэродромов и для связи со штабом (КП) корпуса (дивизии); два приёмника, один из которых работал в сети командующего ВА, другой – в сети оповещения радиолокационной установки «Редут». Наведение истребителей на воздушного противника производилось с помощью рации наведения. При прикрытии одним иак нескольких ПГ корпусом организовывалось несколько ПКП иак: по одному при каждой из ПГ. В таких случаях на одном ПКП находился командир иак, на другом – командир иад [5].

Как показал опыт, такая система управления истребителями исключала необходимость их непрерывного патрулирования над подвижными войсками в случаях базирования вблизи с ПГФ. Это объяснялось тем, что командир иак, наблюдая лично за воздушной обстановкой в радиусе 15–20 км, а также используя данные радиолокационной установки «Редут» и своих представителей в танковых бригадах, мог своевременно поднять в воздух группы истребителей. Однако в большинстве случаев подвижные войска быстро уходили от аэродромов базирования ИА. Применение перехвата самолётов противника из положения дежурства на аэродроме становилось проблематичным. По этой причине приходилось прибегать к непрерывному патрулированию истребителей в зонах над ПГФ и их целеуказанию с ПКП иак (иад).

Интенсивность и эффективность действий авиации в значительной мере зависели от качества планирования совместных действий авиации и подвижных войск.

Процесс этот, как показал опыт, был весьма сложный и трудоёмкий. Тем не менее неоднократное его осуществление в проводившихся ранее операциях позволяло в 1944 г. выполнять качественно и в установленные сроки. Результатом планирования совместных действий являлась разработка «Плановой таблицы взаимодействия подвижной группы с авиацией». В ней отражались одинаково важные как для подвижных войск, так и для авиации следующие вопросы: район и время действий танкистов; их задачи по рубежам и времени; задачи бомбардировщиков, штурмовиков и истребителей по рубежам и времени действий танкистов; напряжение в самолёто-вылетах для каждого авиационного соединения; сигналы взаимного опознавания; способы взаимного целеуказания; управление авиацией; особенности действий авиации при вводе в сражение (прорыв) и при действиях в оперативной глубине; базирование авиации.

Как показал анализ документов, все эти вопросы тщательно согласовывались и отрабатывались под руководством командующего ПГФ до начала боевых действий танкистов. Нередко они отрабатывались ещё до получения боевой задачи в ходе заблаговременной подготовки. Это было возможно потому, что многие авиационные корпуса РВГК специализировались на действиях в интересах подвижных войск, а в ходе оперативного ориентирования информировались об этом заранее. Это позволяло авиации более полно реализовывать свои потенциальные возможности и существенно влиять на качество и своевременность выполнения подвижными войсками своих боевых задач.

Изучение многочисленных архивных документов подтвердило исключительную сложность организации и осуществления базирования авиации, действовавшей в интересах ПГФ, особенно при выходе последних в оперативную глубину и развитии наступления с высокими темпами. Уже на 3–4 день с момента ввода ПГФ в сражение авиация отставала от неё, и тесное взаимодействие иногда не обеспечивалось. Например, в Яско-Кишенёвской операции высокие темпы продвижения 6 ТА и КМГ обеспечили выход войскам 2 УФ на 11 день операции на рубеж, удалённый от бывшего переднего края, более чем на 400 км [6]. Такой характер действий подвижных войск требовал от авиации выполнения широкого аэродромного манёвра, чтобы сохранить высокую интенсивность действий, непрерывность авиационной поддержки и прикрытия подвижных войск.

Для этой цели воздушными армиями фронтов: велась систематическая ВР аэродромов и площадок для перебазирования авиационных соединений и частей; выделялись и быстро доставлялись средства и техника для строительства аэродромов; заранее разрабатывался план перебазирования авиации, в котором обязательно предусматривалось выделение и движение вместе с передовыми частями наземных войск передовых команд бао [7] и инженерных батальонов в те районы, где по данным разведки предполагалось наличие аэродромов и посадочных площадок. Например, в Витебско-Оршанской операции 3 БФ в боевых порядках танковых соединений следовали два резервных бао от 1 ВА [8]. Эти бао были усилены автотранспортом и имели на колёсах 1,5–2 боекомплекта боеприпасов и заправки ГСМ для авиационного полка.

При такой организации инженерно-аэродромного обеспечения авиачастей им удавалось при благоприятных условиях перебазироваться уже на вторые сутки на аэродромы, занятые подвижными войсками. Так, в частности, было в Яско-Кишенёвской операции. Перебазирование на новые аэродромы производилось обычно попутно с выполнением боевых задач [9].

В условиях высокой динамичности боевых действий подвижных войск не мало трудностей возникало при организации и осуществлении целеуказания штурмовикам. В интересах исключения этих трудностей или, по крайней мере, сведения их к минимуму проводились хотя и трудоёмкие и затратные, но очень эффективные мероприятия. В частности, при взаимодействии 3 шак (командир генерал-майор авиации Слюсарев С.В.) с 2 гв. тк в Витебско-Оршанской операции в каждом танковом взводе был выделен авиасигнальщик. При появлении наших штурмовиков или по радиосигналу он давал ракеты для обозначения своих танков и указания огневых средств противника, препятствовавших продвижению наших танков. В интересах согласованных действий танков и штурмовиков до начала операции с этими авиасигнальщиками были проведены специальные занятия в танковых бригадах прибывшими в них офицерами связи авиации [10].

Большое внимание при применении авиации в интересах подвижных войск обращалось на повышение качества проведения заблаговременной подготовки лётного состава и офицеров штабов. Особенно это было характерно для соединений ША. В период подготовки операции, а она, как известно, продолжалась в третьем периоде до двух-трех недель, с лётным составом и органами управления изучались особенности действий подвижных войск при вводе в сражение (прорыв) и при действиях в оперативной глубине. Теоретические и практические занятия проводились часто совместно с танкистами. Например, в 1 ВА 3 БФ в Витебско-Оршанской операции в течении 10 дней проводились сборы с офицерами связи авиации. Сборами руководил командующий 1 ВА генерал-лейтенант авиации М.М. Громов.

На сборах присутствовали наиболее подготовленные в тактическом отношении офицеры из состава оперативных отделений авиационных корпусов и дивизий. Их количество соответствовало количеству подвижных соединений (корпусов и бригад), куда предполагалось их посылать. Например, 3 шак, который готовился взаимодействовать с 2 гв. тк, выделял на сборы по 4 офицера связи авиации (три – в бригады и один – в ОГ командира корпуса). Некоторые занятия на сборах проводили офицеры из соединений подвижных войск [11].

В заключение необходимо отметить, что отмеченные фронтовые операции завершились блестящим успехом. Огромный вклад в его достижение принадлежал авиации, которая непрерывно вела боевые действия в интересах подвижных войск, в тесной увязке с их действиями на этапе ввода в сражение и на этапе развития тактического успеха в оперативный.

Непрерывность действий авиации в интересах подвижных войск, тесное тактическое взаимодействие между их формированиями обеспечивались многими обстоятельствами, во-первых, качественными параметрами авиации: тщательной организацией их совместных действий; изучением с личным составом и органами управления авиации особенностей действий подвижных войск на различных этапах фронтовой операции; детальной проработкой вопросов управления, взаимодействия и аэродромного обеспечения авиационных частей в ходе наступления.

Во-вторых, количественными показателями авиации. Понимая роль ПГФ в достижении целей операции, командование Красной армии выделяло для действий в интересах подвижных войск значительные силы авиации. В рассмотренных операциях для действий в интересах одной ТА выделялись один иак и один шак, а также одна бад, в интересах КМГ – две иад, одна шад и одна бад.

Учитывая этот опыт, в современных условиях необходимо обращать самое серьёзное внимание при развитии ВКС на оба параметра. Особенно актуальным при крайне ограниченных возможностях количественного роста авиационной техники является повышение их боевых возможностей.

#### Список литературы:

1. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 110–112.
2. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 113.
3. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 113.
4. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 114.
5. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 115.
6. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 116.
7. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 167859. – Д. 9. – Л. 22.
8. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 116.
9. ЦАМО РФ. – Ф. 35. – Оп. 11250. – Д. 103. – Л. 116–117.
10. Медведев В.И. Совершенствование связи в частях, соединениях и объединениях фронтовой авиации в годы Великой Отечественной войны : дис. ... канд. ист. наук. – Монино : ВВА, 2004. – 182 с.
11. Грошев Р.В. Подготовка военных кадров во второй половине XX века // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 3 (3). – С. 25–33.

УДК 130.2

**МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПАТРИОТИЗМА  
В ВОЕННОМ ВУЗЕ В КУРСЕ ФИЛОСОФИИ:  
АКСИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА**



**METHODOLOGY AND METHODS FOR DEVELOPMENT OF PATRIOTISM  
IN THE COURSE OF PHILOSOPHY OF MILITARY UNIVERSITIES**

**Стрелецкий Я.И.**

кандидат философских наук, профессор,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Методология формирования патриотизма в военном вузе Министерства обороны РФ в курсе философии представлена тремя фундаментальными идеями: сбережения российского народа, соборности и справедливости. При этом преподавателю предлагаются конкретные методологические приемы реализации их содержания в учебном процессе.

**Ключевые слова:** патриотизм, военно-политическая работа, методологические принципы, идеология, гибридная война.

**Streleckiy Ya.I.**

PhD in Philosophical Sciences, Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The theme has three fundamental ideas: saving of the Russian people, collegiality and justice. At the same time, the teachers is offered specific methodological techniques for implementing their content in the study (teaching) process.

**Keywords:** patriotism, politico-military education, methodological principles, ideology, hybridwar.

**А**ктуальность озаглавленной проблемы представим в ее следующих аспектах. Во-первых, в военно-профессиональном, обусловленном все возрастающей ролью духовного фактора в реализации задач обеспечения национальной безопасности и боевой мощи Вооруженных Сил РФ, с одной стороны, и потребностью вооружения будущих офицеров-воспитателей методологией военно-политической работы, с другой. Во-вторых, в дидактическом, вызванном объективным процессом ротации профессорско-преподавательского состава вузов МО РФ, в результате которого молодым преподавателям требуются определенная методическая помощь. В-третьих, в мировоззренческом, отражающем необходимость активной борьбы с неолиберальными аксиологическими принципами, которые не только чужды нашему национальному духу, отечественной культуре и менталитету российскому, но и угрожают роду человеческому, как таковому. Полагается, что методология реализации нашей задачи может быть представлена идеями, составляющими ценностный фундамент русской философии. Среди них выделим следующие.

**Идея сбережения российского народа** имеет глубокие корни, транзитом проходит через всю историю отечественной философии, отражается в современной политике и информационном пространстве и имеет свой военно-профессиональный аспект. Поэтому у преподавателя есть реальная возможность глубоко раскрывать ее содержание, прибегая, например, к следующим методическим приемам.

*Во-первых*, он обращается к богатому историческому наследию русской философии: к «Завещанию» киевского князя Ярослава Мудрого (1019–1054), к «Поучению» великого московского князя Владимира Мономаха (на престоле: 1113–1125), к литературным памятникам «Повести временных лет», «Задонщине», к «Слове о полку Игореве», где проблеме защиты и сохранения народа уделялось первостепенное значение. Составители этих памятников русской философской мысли хорошо понимали, что будущее Отечества напрямую зависит от судьбы его народа и поэтому страстно призывали любить своих сынов и дочерей, оберегать и защищать их от смертоносных вражеских нашествий.

Эта тема приобретает свое оригинальное содержание в рамках философии русского Просвещения, ярким представителем которой стал М.В. Ломоносов (1711–1765).

В своем письме Шувалову И.И. он предложил концепцию в которой доказывал, что все планы благоустройства, реформирования России, освоения ее обширных пространств имеют своей основой бытие ее народа: «Начало сего полагаю самым главным делом: сохранение и размножение российского народа, в чем состоит величество, могущество и богатство всего государства, а не в обширности, тщетным без обитателей» [1]. При этом выдающийся русский ученый и философ предложил комплексную программу для населения Империи – от «размножения и сохранения российского народа», «исправления его нравов и просвещения», до «истребления праздности» и «сохранения военного искусства во время долговременного мира».

История России, помимо прочего, складывалась в попытках ее руководства решить сложнейшую задачу – как обеспечить ее необъятные просторы населением, да еще в условиях почти постоянных войн, которые сокращали и до того ее небогатые людские ресурсы. Они понесли огромные потери в ходе Первой мировой, Гражданской и особенно Великой Отечественной войны. По разным причинам эта проблема резко обострилась в XXI в., перейдя в разряд поистине судьбоносных. Неслучайно в Послании президента РФ Федеральному Собранию отмечается: «Сбережение народа России – наш высший национальный приоритет. Этим приоритетом определяются все положения обновленной Конституции о защите семьи, о важнейшей роли родителей в воспитании детей, об укреплении социальных гарантий, развитии экономики, образования и культуры» [2].

*Во-вторых*, преподаватель, изложив содержание этой проблемы в ее позитивном содержании, переходит к обсуждению ее «теневой стороны», то есть показывает противоположные подходы руководства некоторых стран к ее решению. При том, чтобы «далеко не ходить» берет, например, ситуацию в соседней Украине. Правительство последней в результате «майдана» – госпереворота в феврале 2014 г. и последовавших за этим «незалежных» реформ, довело страну до демографической трагедии, которая углубилась пандемией «Covid-19». А предложения нашей страны поставить «Спутник V» для спасения жизней граждан Украины ее руководством под давлением правительства США были отклонены. Следствия – национальная катастрофа: в нынешней Украине не только самый низкий уровень жизни населения в Европе, но и самая высокая смертность на Евразийском континенте от коронавируса.

Обещанная помощь Украине реализуется по остаточному принципу. К тому же «коллективный Запад» развязал против России «вакцинную войну», в процессе которой, по мнению независимого ведущего вирусолога Бельгии Марка ванн Ранста, «С самого начала мы наблюдали в основном политические реакции, высказываемые с целью преуменьшить заслуги российских ученых» [3]. При этом преподаватель обращается к «сухой статистике», которая беспристрастно демонстрирует реальные преимущества отечественного «Спутника V»: количество смертей на миллион в год по 13-ти странам: Пфайзер (США / Германия) – 39,4; Модерна (США) – 20,2; АстраЗенека (Великобритания / Швеция) – 12,8; Джонсон энд Джонсон (США) – 7,5; Спутник V – 2,0 [4].

*В-третьих*, преподаватель анализирует военно-профессиональный дискурс этой идеи и подводит курсантов к осознанию ими методологического положения о том, что ратное служение Отечеству есть важнейшая предпосылка сбережения народа российского. При этом рекомендуется обратиться к примеру славного прошлого нашего воинства, скажем, к героизму кубанских казаков в сражении у аула Таш-Кёпри (Туркмения) 18 марта 1885 г., которые нанесли «сокрушительное поражение втрое превосходившему его афганскому отряду» [5]. Праправнуки этих казаков разгромили Третий рейх, достойно выполняя свой воинский долг в наше время.

**Идея соборности** (от «собор» – собирать) – понятие в русской философии, отражающее духовное единство народов, населяющих нашу страну. Концепцию соборности активно разрабатывали славянофилы Самарин Ю.Ф., Хомяков А.С., Киреевский И.В. У последнего идея соборности приобретает социально-философское содержание и трактуется как «совмещение личной самостоятельностью с целью общего порядка» [6]. Преподавателю, в целях реализации патриотического потенциала историко-философской проблематики учебной дисциплины «Философия», при анализе философских взглядов славянофилов предлагаются следующие методические приемы.

*Во-первых*, он акцентирует внимание курсантов на отличительные особенности менталитета народов Запада и России. «Наше отличие от Запада, писал родоначальник философии русского космизма Федоров Н.Ф., в том и заключается, что Запад на первый план ставит всегда себя, свою личную свободу. И какую ценность может иметь жизнь и свобода, если *homo hominilupus*» [7], то есть «человек человеку – волк». При этом преподаватель не ограничивается «днем вчерашним», а проводит, своего рода, дидактический мостик в наше время. Например, «коллективный Запад» во главе с руководством США, продолжая в международных отношениях явно устаревший и опасный курс на глобальное лидерство, по-прежнему заботится только о себе, игнорирует национальные интересы других стран, в том числе и России. Развивая эту тему, преподаватель вскрывает методологическую несостоятельность концепции однополярного мира, философской основой которой является прагматизм, с одной стороны, а с другой, напоминает курсантам пророческие слова Александра III о том, что у России только один союзник – ее армия и флот, боеспособность которых во многом зависит от качества профессиональной подготовки будущих офицеров.

*Во-вторых*, применяя метод историзма, преподаватель доказывает, что ментальная идея соборности – единства, сплоченности, коллективизма нашего народа явилась той духовной основой, которая обеспечила ему социально-историческое и природное бытие. Ведь избавиться от татаро-монгольского ига, спасти Россию от нашествий Карла XII, Наполеона и Гитлера стало возможным только в единстве, только в сплоченности, только в братской помощи и взаимопомощи всех наций, всех классов, всех религиозных конфессий нашей обширной Родины. И снова преподаватель не только возвращает курсанта в наше время, но и обращает внимание на его профессиональную подготовку, которая включает не только овладение материальной частью по военно-авиационному профилю, но и содержит гуманитарную составляющую – знание и умение организовать и проводить в подразделении военно-политическую работу.

*В-третьих*, обращается к анализу феномена «Covid-19» – глобальной трагедии современности, акцентируя внимание на успехах, которые были достигнуты нашей страной в борьбе с этой масштабной бедой. По сравнению с другими странами, в том числе и с самыми «передовыми», Россия понесла гораздо меньшие потери в экономике, социальной сфере, а, главное, в людях. Мы первые предложили мировому сообществу самую лучшую вакцину, оказали реальную помощь иностранным государствам, в том числе и западным. И все это – результат сплоченного труда наших ученых, медиков, работников социальной сферы, военнослужащих, добровольцев. Как отметил президент России в своем Послании Федеральному Собранию, «Солидарность людей выразилась в конкретных делах, в заботе о близких, в готовности помочь тем, кто нуждается в помощи. Миллионы стали волонтерами, выстраивали маршруты помощи от человека к человеку. Общероссийская акция «Мы вместе» объединила представителей разных профессий и возрастов» [8].

**Идея справедливости** для русской философии традиционно считается важнейшей, стержневой, основополагающей ценностью. Дело в том, что Государство российское исторически было устроено так, что понятие «справедливость» почти всегда имело отношение только к узкому социальному слою (элите), а народ обычно оказывался вне его рамок. С другой стороны, официальная философия, следуя традициям, трактовала справедливость на методологии рационализма, механицизма, прагматизма: Платон – «определение разума»; Аристотель – «арифметическое равенство»; Эпикур – «договор о полезном». Как видно, ничего от духовности в этих определениях нет. Поэтому преподаватель, реализуя задачу патриотического воспитания курсантов, обращается к следующей методологии.

*Во-первых*, раскрывает вклад русских мыслителей в разработку концепции справедливости, которая отличается комплексным подходом. Например, у В.С. Соловьева анализ справедливости осуществляется в единстве, во взаимосвязи с «родственными» понятиями – правом, свободой, равенством и, что особенно важно, с моралью. «Справедливость, – пишет мыслитель, – есть, несомненно, понятие нравственного порядка» [9]. Как увидим ниже, ничего от морали и нравственности в «модных» ныне западных концепциях справедливости не осталось.

*Во-вторых*, учитывая, что его слушатели – будущие летчики ВКС РФ и офицеры-воспитатели, анализирует военно-профессиональную составляющую категории «справедливость», обращаясь, например, к военно-философскому наследию В.И.Ленина, в частности, к его методологическому положению о том, что «Убеждение в справедливости войны, осознание необходимости пожертвовать своей жизнью для блага своих братьев, поднимает дух солдат и заставляет их переносить неслыханные тяжести» [10].

Преподаватель, расширяя и углубляя анализ военно-профессионального аспекта категории справедливости, обращается к славной и героической истории русского воинства, к победоносному его оружию, например, к теме Великой Отечественной войны, которая в наше время приобрела особую актуальность. Последняя обусловлена не только тем, что Подвиг нашего народа бессмертен в силу его исторического значения, но и по причине того, что русофобы всех мастей, пытаясь исказить историческую правду, фальсифицируют и социальный характер этой войны, и ее причины [11]. Опровергая фальсификаторов, преподаватель обращается за примерами к героизму выпускников родного училища – от легендарного Маресьева А.П. – героя повести Б. Полевого «Повесть о настоящем человеке» и прототипа главного героя кинофильма «В бой идут одни старики» комэска Титаренко – дважды Героя Советского Союза Попкова В.И., до героев-космонавтов Комарова В.М., Хрунова Е.В., Горбатко В.В. и гвардии майора Филипова Р.Н. Он, будучи сбитым в сирийском небе, и, оказавшись в окружении боевиков-террористов, дернул гранатную чеку, чем ушел в бессмертие.

*В-третьих*, разоблачает научную несостоятельность и реакционную политическую сущность современных неолиберальных концепций справедливости, которые не имеют ничего общего не только с традиционными ценностями и противоречат нормам международного права, общепринятым принципам морали, но и угрожают природе самой главной ценности нашей планеты – Человеку. Подтвердим этот тезис на двух уровнях отражения – теоретическом и эмпирическом.

Первый представим концепцией права-справедливости немецкого социолога К. Шмидта. В своей философии права он пытается представить миру новый вид права – право «исключительных обстоятельств». Дескать, классическое право в современных условиях «дисбаланса сил» уже не работает и на арену международных отношений утверждается методология конвенционализма – справедливо то, с чем согласно большинство. Конечно, западное, конечно натовское, конечно русофобское. На эмпирическом же уровне – это «хайли-лайкли» – никто не доказал справедливость обвинений «агентов Кремля» Петрова и Боширова в отравлении Скрипалей в Марте 2018 г. и во взрыве складов боеприпасов в Чехии. Здесь даже президента Милоша Земана, предложившего дождаться результатов расследования, объявили предателем. Наконец, ядовитая «вишенка» на аксиологическом торте неолиберальных ценностей – концепция гейгемонии. Суть последней, как отмечают отечественные аналитики, в тоталитарной диктатуре «сексуального меньшинства» над нормальным большинством, которое «в прямом и переносном смысле пожирает человечество» [12]. Значит эти «ценности» перестали быть не только нравственными, но и человеческими, ибо угрожают бытию самого HomoSapiens.

Итак, предпринятый выше анализ, полагается, дает достаточно оснований для обобщений, которые представим в следующих основных положениях. Во-первых, патриотический потенциал аксиологического содержания русской философии далеко не исчерпывается представленными здесь идеями, равно как и рекомендованными преподавателю методическими приемами их реализации. Во-вторых, чтобы сохранить духовные ценности нашего народа, его уникальную культуру и национальные нравственные принципы необходимы надежные щит и меч – государственная идеология. Эта проблема давно и активно обсуждается научно-патриотическим сообществом страны. Предлагаются ее различные варианты, но запрещающая идеологическую монополию статья 13 Конституцию РФ остается в силе.

А ее необходимо отменять, ибо менталитет нашего народа таков, что ему необходимы: высокая духовная цель, нравственный идеал, образец. Он – народ-мечтатель, народ-творец, народ-герой. В-третьих, роль и значение военно-политической работы в Вооруженных Силах страны будет только возрастать. Но ее эффективное проведение

без прочной научно-теоретической основы, то есть идеологии, невозможно. Да, есть патриотизм. Великолепно, его храним, формируем, обогащаем. Но он – не идеология, а чувство. С другой стороны, без подготовленных кадров в военно-политической работе успеха не достичь. Поэтому необходимо без промедления открыть если не военно-политические училища, то, по крайней мере, факультеты при профильных вузах Министерства обороны.

**Список литературы:**

1. Ломоносов М.В. Полн. собр. соч. – М. ; Л., 1958. – Т. 6. – С. 384.
2. Путин В.В. Послание президента РФ Федеральному Собранию. Российская газета от 22.04.2021. – № 87. – С. 1.
3. Мельников А.С. С легким уклоном совести // Аргументы и факты. – 2021. – № 19. – С. 13.
4. Потапов А.Е. Кубанские казаки в Мургабском походе // Бой у реки Кушка (1885 г.) // Военно-исторический журнал. – 2019. – № 8. – С. 67.
5. Киреевский И.В. Полн. собр. соч. – М., 1911. – Т. 1. – С. 79.
6. Федоров Н.Ф. Философия общего дела // Сочинения. – М., 1982. – Т. 1. – С. 430.
7. Путин В.В. Послание президента РФ Федеральному Собранию // Российская газета от 22.04.2021. – № 87. – С. 1.
8. Соловьев В.С. Право и нравственность // Власть и право. Из истории русской правовой мысли. – Л., 1990. – С. 101.
9. Ленин В.И. Полн. собр. соч. – Т. 41. – С. 121.
10. Стрелецкий Я.И. Причины Великой Отечественной войны: ложь и историческая правда // Кант. – 2021. – № 16. – С. 7.
11. Тюрина Г. Гейгемония // Газета «Завтра». – 2021. – № 16. – С. 7.



УДК 355.4

**АНАЛИЗ ТАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ  
БОМБАРДИРОВОЧНОЙ АВИАЦИИ СОВЕТСКИХ ВВС ПО АЭРОДРОМАМ  
ПРОТИВНИКА В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**



**ANALYSIS OF THE TACTICS OF THE USE OF AIRCRAFT MEANS TO DESTROY  
THE BOMBING AVIATION OF THE SOVIET AIR FORCE AT THE AERODROMES  
OF THE ENEMY IN THE YEARS OF THE GREAT PATRIOTIC WAR**

**Дорохов Д.В.**

кандидат педагогических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
dy82008@yandex.ru

**Нагучев Д.М.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
damirnaguchev@mail.ru

**Dorohov D.V.**

PhD in Pedagogical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
dy82008@yandex.ru

**Nagutchev D.M.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
damirnaguchev@mail.ru

**Аннотация.** Славные соколы нашей Родины в ожесточенных воздушных боях разгромили хваленую немецкую авиацию, обеспечив свободу действий Красной Армии и спасшую население нашей страны от вражеских воздушных бомбардировок. Вместе со всеми вооруженными силами они наносили сокрушительные удары по противнику, уничтожая его живую силу и технику. Умелые действия нашей доблестной авиации постоянно способствовали успеху сухопутных войск и способствовали достижению окончательного разгрома противника.

**Annotation.** The glorious falcons of our Motherland in fierce air battles defeated the vaunted German aviation, ensuring freedom of action for the Red Army and saving the population of our country from enemy aerial bombardments. Together with all the armed forces, they inflicted crushing blows on the enemy, destroying his manpower and equipment. Skillful actions of our gallant aviation constantly contributed to the success of the ground forces and contributed to the achievement of the final defeat of the enemy.

**Ключевые слова:** слетанность, мотогондола, маскировка, оперативная пауза, рассредоточение, аэроузел, фугас.

**Keywords:** flying, engine nacelle, camouflage, operational pause, dispersal, air hub, land mine.

Основной ударной силой советских ВВС в годы Великой Отечественной войны была бомбардировочная авиация, которая по своему оперативно-тактическому назначению была разделена на дальнюю и ближнюю бомбардировочную авиацию Главного Командования.

Строительство советских фронтовых бомбардировщиков шло по пути увеличения дальности полета, бомбовой нагрузки, повышения живучести, совершенствования систем наведения, усиления оборонительного стрелкового вооружения. Скачок в увеличении скорости, улучшении аэродинамики, увеличении ресурса и мощности двигателей, благодаря их форсированию, были достигнуты как раз перед войной.

Самыми массовыми самолетами бомбардировочного класса, способствовавшими разгрому немецко-фашистских захватчиков нацистской Германии, были бомбардировщики Пе-2. Проворные, маневренные, с хорошими пилотажными качествами, цельнометаллические крылатые машины стали настоящей катастрофой для немецких сухопутных войск. Точность бомбометания была чрезвычайно высока, а благодаря высокой скорости самолета советские асы-бомбардировщики уклонялись от атак немецких истребителей. Многие пилоты за штурвалом своих любимых «пешек», как они ласково называли Пе-2, с гордостью выполняли поставленные им боевые задачи. В годы Великой Отечественной войны Пе-2 стал основным фронтовым бомбардировщиком. Особенно ценил этот самолет знаменитый командир пикирующих бомбардировщиков дважды Герой Советского Союза Иван Семенович Полбин.

Бомбовая нагрузка самолета составляла 1500 кг бомб различного калибра. Четыре из них по 100 кг размещались в фюзеляже на внутренней подвеске, две в мото-

гондолах. Более крупные были подвешены под центропланом. Максимальная взлетная масса – 8500 кг, пустого – 5820 кг, скорость – до 540 км/ч, потолок – 8800 м.

Одной из важнейших задач бомбардировочной авиации было уничтожение самолетов противника на аэродромах их базирования. Однако в ходе войны стратегия ВВС поднялась на новый уровень, увеличила свое состояние новыми необходимыми положениями, которые почти во всем сохраняют свое значение и сейчас.

Многочисленные попытки подавить авиацию противника малыми силами обычно не заканчивались успехом и приводили к тому, что противник становился более осторожным и хитрым. Фашистская ПВО была усилена, техника и здания хорошо замаскированы. Противник избегал сосредоточения авиации на отдельных аэродромах. В связи с этим удары по аэродромам чаще всего носили особый характер воздушных операций, преследовавших конкретные намерения и цели, а именно нанесение непоправимого ущерба противнику, что вынуждало бы его снижать активность своей авиации, а иногда и покидать свои базы.

Бомбовые удары по вражеским аэродромам производились крупными силами, которые позволяли подвергнуть одновременному нанесению удара на значительные районы базирования авиации противника, этими действиями достигался ощутимый результат.

Небольшие цели, такие как склады горючего и нефтепродуктов, склады боеприпасов, самолеты, живая сила, командные пункты и отдельные аэродромные сооружения, были важными и приоритетными при действиях бомбардировщиков по аэродромам.

Во всех случаях приоритетному уничтожению подвергались самолеты, которые в основном находились на взлетно-посадочной полосе. Действия с целью уничтожения аэродрома требовали больших затрат сил и средств поражения, в результате они применялись главным образом в период распутицы и в районах, бедных аэродромами, а также если за ними следовали удары по самолетам.

Наша авиация применяла зажигательные бомбы и зажигательные вещества, а также осколочно-фугасные боеприпасы всех калибров для уничтожения командных пунктов, складов горючего и боеприпасов, самолетов, живой силы и специальной техники, расположенных вне укрытий. Склады и командные пункты, расположенные в укрытиях поражались фугасными бомбами среднего калибра с замедленными взрывателями, а взлетно-посадочные полосы и большие аэродромные сооружения на стационарных аэродромах фугасными бомбами от среднего и до крупного калибра, с различным временем замедления взрыва.

Каждая операция была тщательно спланирована, поэтому воздушная разведка велась постоянно и являлась главным и важнейшим источником информации.

Самолеты-разведчики получали несколько точек для разведки. Они установили тип самолетов, расположенных на каждом аэродроме, их количество, расположение и качество маскировки, расположение личного состава, складов боеприпасов и горючего, систему ПВО противника, количество орудий и их калибр, а также информацию о том, какие районы прикрываются истребителями и характер их действий.

Наиболее эффективными действиями бомбардировщиков на аэродромах противника становились тогда, когда они действовали по вызову разведчика, наблюдавшего за приближением и посадкой вражеских самолетов.

Самым благоприятным временем для нанесения удара были утренние и вечерние сумерки, которые сопровождались дымкой, а так же они являлись благоприятным для выполнения захода на бомбометание со стороны солнца.

При наличии свежих фотографий или схем аэродрома удар организовывался без предварительной разведки, а при их отсутствии порядок действий бомбардировщиков и время нанесения удара определялись непосредственными разведывательными данными.

Авиационный полк бомбардировщиков получал задание на один или несколько ударов по конкретному аэродрому. Правильный выбор маршрута и профиля полета, скрытность подготовки, строгая радиодисциплина в полете, приближение самолета к цели планированием с больших высот из-за облаков со стороны солнца с разных направлений и высот, неожиданность и внезапность атаки, все это являлось залогом успеха налета на аэродром противника.

Грамотная и тщательная маскировка, рассредоточенное расположение самолетов на оперативных аэродромах противника делали бомбометание с горизонтального полета со средних высот малоэффективным. Поэтому во всех случаях общая тенденция заключалась в том, чтобы попытаться бомбардировать аэродром с как можно меньшей высоты, умело используя погодные условия и время суток.

Немецкие аэродромы были хорошо защищены от атак бомбардировочной авиации средствами ПВО. Поэтому борьба с зенитным вооружением противника становилась приоритетной задачей в боевом обеспечении действий бомбардировщиков и приобрела отличительную существенную особенность. Результаты успеха этой борьбы зависели от количества и вида огневых средств, мест их расположения. Это позволяло более точно определить силы, необходимые для подавления этих средств, и организовать наиболее выгодные подходы для маневра в районе цели.

Для непосредственной борьбы с зенитным вооружением выделялись подразделения специального назначения или отдельные экипажи, бомбами и пулеметным огнем которых подавлялись зенитные точки. После подавления огневой системы противника эти самолеты принимали участие в поражении главной цели.

Применение упреждающего удара истребителей, уничтожая его дежурные самолеты и подавляя зенитные средства аэродрома за несколько минут до подхода к цели бомбардировщиков сковывало противника. Таким образом огневые точки противника находились под воздействием истребителей в течение всего периода нахождения бомбардировщиков над целью.

При принятии решения о выполнении боевой задачи командир полка указывал направление и высоту подхода к цели, распределение целей между группами, высоту бомбометания, определял самолеты, которые подавляли ПВО, а так же порядок их действий и экипажи, которые должны были фиксировать результаты бомбометания.

В соответствии с принятым решением разрабатывался план нанесения удара по аэродрому, в котором указывались: состав и задачи каждой группы, общий порядок сил, бомбовая нагрузка, порядок борьбы с зенитными средствами противника, порядок взаимодействия с истребителями, порядок вылета и сбора групп, боевые порядки, маршрут и профиль полета, порядок выхода и маневрирования в районе цели, высота и способ бомбометания, организация связи и управления [6].

Вражеские аэродромы были защищены не только с земли, но и с воздуха.

Для блокирования аэродрома противника и уничтожения взлетающих с него самолетов применялось постоянное сопровождение бомбардировщиков истребителями, дополняемое высылкой, с незначительным упреждением, группы истребителей, а при отсутствии противодействия со стороны противника истребители частью сил принимали участие в уничтожении аэродрома. Успех каждого способа обеспечения истребителями бомбардировщиков полностью зависел от грамотной организации их совместной деятельности.

За годы Великой Отечественной войны накоплен большой опыт, который необходимо учитывать при проектировании современных учебных процессов, в частности при отработке тактических приемов бомбардировочной авиации.

Человечество вело войны практически всю историю. Каждая война проходила по новым правилам и с новым оружием. Не один человеческий прогресс не осуществлялся без совершенствования старого.

Анализ научной литературы по проблемам подготовки специалистов летного дела показал, что каждое из предъявляемых к ним требований многоаспектно. У летчика уровень профессионализма приобретает характер духовно – нравственного профессионализма, в котором сугубо профессиональные компоненты подчинены нравственным и состояние духовное возвышается над профессиональным [1].

Вместе с тем, из-за новых технических характеристик современных авиационных комплексов существующая система образования нуждается в повышении ее качества, соответствующего эффективному применению новых образцов вооружения. Одним из перспективных направлений для повышения качества обучения является применение в учебном процессе электронного образовательного ресурса, опорных сигналов, а также тенденции способствующие самообразованию [4].

Вузовская подготовка включает в себя профессиональное обучение будущих офицеров на первой (базовой) и второй (специальной) ступенях высшего образования в военных институтах, академиях. Это обучение предлагает получение высокой квалификации, которая позволила бы выпускникам реализовать широкий спектр своих потенциальных возможностей, в том числе и функций педагогического влияния как возможность дальнейшего карьерного роста, формирования авторитета, влияния на межличностные отношения в воинских коллективах [5].

**Список литературы:**

1. Дорохов Д.В., Нагучев Д.М. Методологическая структура профессиональной деятельности как программная ориентация педагогического исследования // IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 84–87.
2. Скоморохов Н.М., Чернецкий В.Н. Тактика в боевых примерах: Авиационный полк. – М. : Воениздат, 1985.
3. Дрaбкин А.В. Я дрaлся на Ил-2. – М., 2005.
4. Дунайцев А.И., Буканов С.С. К вопросу о самообразовании // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции / КВВАУЛ. – 2016. – С. 91–93.
5. Махмадов М.А., Дорохов Д.В., Нагучев Д.М. Непрерывное педагогическое образование как социально-педагогическая система // В сборнике научных статей IX Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» / КВВАУЛ. – 2018. – С. 198–200.
6. Маркевич А.В., Неижмак А.Н., Проказин Е.С. Борис Сафонов в боях на Северном флоте // В сборнике: Этих дней не смолкнет Слава. Советская авиация в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 г. Всероссийская заочная научно-практическая конференция. – Краснодар, 2020. – С. 116–119.

**ВЫЯВЛЕНИЕ СЕТЕВЫХ АТАК**  
◆◆◆◆  
**DETECTION OF NETWORK ATTACKS**

**Демченко Р.О.**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Богданов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Василенко Н.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
\_simpson\_@mail.ru

**Аннотация.** Цель данной статьи – изучение видов сетевых атак и методов их обнаружения. На сегодняшний момент одна из самых серьезных угроз национальной безопасности – сетевые атаки на важные информационные инфраструктуры. Именно по этой причине сферах выявления и противодействия компьютерным атакам является приоритетной.

**Ключевые слова:** сетевые атаки, обнаружение атак, информационная безопасность.

**Demchenko R.O.**

Student,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Bogdanov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Vasilenko N.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
\_simpson\_@mail.ru

**Annotation.** The purpose of this article is to study the types of network attacks and methods of their detection. At the moment, one of the most serious threats to national security is network attacks on important information infrastructures. It is for this reason that the scope of their detection and countering computer attacks is a priority.

**Keywords:** network attacks, detection of attacks, information security.

Любая компания в своей деятельности сегодня использует широкие возможности, которые дает интернет. Однако вместе с возможностями всемирная сеть приносит множество угроз информационной безопасности. Реализация этих угроз может приводить к значительному материальному и репутационному ущербу для бизнеса. Поэтому важно иметь представление об основных типах сетевых атак и способах защиты от них.

Сетевая атака – это вторжение в операционную систему удаленного компьютера. Злоумышленники предпринимают сетевые атаки, чтобы захватить управление над операционной системой, привести ее к отказу в обслуживании или получить доступ к защищенной информации.

Все современные системы обнаружения сетевых атак проводят мониторинг или главных компьютеров, или сетевых соединений, чтобы собрать данные о вторжении.

Стандартные сетевые атаки производятся в три этапа: сбор информации, выявление уязвимых мест атакуемой системы и реализация выбранной атаки.

Этап сбора информации заключается в изучении сетевой топологии атакуемой сети, определении типа и версии операционной системы атакуемого узла, выявлении доступных сетевых и иных сервисов, функционирующих на атакуемом узле.

Этап выявления уязвимых мест атакуемой системы осуществляется после или параллельно с этапом сбора информации. Его суть заключается в выяснении версий используемого на атакуемом узле сетевого ПО, выявлении его конфигурации и в анализе наличия уязвимостей в указанном ПО и его настройках.

И, наконец, этап реализации атаки – это либо отправка определенных последовательностей сетевых пакетов на определенные сетевые службы, приводящая к неработоспособности узла, либо выполнение каких-либо запросов к сетевым службам удаленного узла, результатом которых будет получение доступа к защищаемой информации.

В целом первые два этапа не могут быть классифицированы как преступление. Компьютерными сетевыми преступлениями являются предусмотренные уголовным законодательством общественно опасные деяния, совершенные на основе удаленного доступа к объекту посягательства с использованием глобальных компьютерных сетей в качестве основного средства достижения цели. Таким образом, компьютерным преступлением является лишь третий этап – реализация атаки.

Вместе с тем выполнение третьего этапа практически невозможно без проведения двух первых этапов атаки. Следовательно, защите должны подлежать и информация о сетевой топологии, и перечень доступных сервисов, и версии программного обеспечения, и т.п.

Задача изучения сетевой топологии заключается в выявлении сетевых узлов, присутствующих в заданном диапазоне адресов. При этом распространенные сетевые сканеры, такие как nmap, netcat, InterNetView, решают данную задачу чаще всего путем ICMP-сканирования.

Как известно, протокол ICMP используется для определения доступности сетевых узлов.

В общем случае единичный входящий ICMP-запрос не является атакой – это лишь стандартное средство проверки доступности узла. Последовательное выполнение ICMP-запросов с перебором адресов из определенного диапазона уже можно рассматривать как атаку. Вместе с тем, если защищаемая сеть является «клиентской сетью», т.е. не содержит серверов, предоставляющих сетевые услуги, то входящие в эту сеть ICMP-запросы также должны рассматриваться как атака.

Для усложнения процесса выявления атаки перебор адресов может вестись не последовательно, а в псевдослучайном порядке.

Как известно, при выполнении стандартного ICMP-запроса в ОС Windows 2000 происходит обмен стандартной текстовой строкой длиной 32 байта. Обычно данная строка представляет собой 26 букв английского алфавита, дополненных шестью дополнительными символами. Вместе с тем объем передаваемых данных может быть существенно увеличен (до 65 535 байт) с целью передачи не стандартной последовательности, а некоторой специально подготовленной команды или текста. В этом случае проявлением атаки могут быть исходящие ICMP-ответы, в которых может быть передана защищаемая информация.

Кроме того, по получаемому ICMP-ответу, а именно по коду ICMP-пакета, злоумышленник может определить тип операционной системы тестируемого узла с целью конкретизации дальнейшей атаки.

Таким образом, в случае ICMP-пакетов атакой будем считать входящие ICMP-запросы и исходящие ICMP-ответы.

Аналогичная технология используется, когда заранее известно, что узел в сети присутствует, но необходимо получить информацию о доступных сетевых службах, т.е. выполнить сканирование портов сетевого узла. В этом случае последовательно осуществляются попытки подключения к сетевым портам в определенном диапазоне.

Чаще всего применяются не подряд все номера портов, а только те из них, которые наиболее интересны злоумышленникам с целью дальнейшего проникновения. В ряде случаев перечень номеров портов может быть сформирован злоумышленниками на основе полученной ранее по коду ICMP-ответа информации о типе операционной системы.

Одиночный запрос установки TCP-соединения по одному из портов может считаться атакой лишь в случае, когда защищаемая сеть является «клиентской». Однако если мы защищаем «клиентскую» сеть, которая не должна предоставлять вонне каких-либо сетевых услуг, то и одиночные попытки установки соединения должны интерпретироваться как атака. Последовательные же попытки установить соединение с несколькими портами явно свидетельствует о начавшейся сетевой атаке.

Таким образом, в случае TCP-пакетов атакой будем считать все попытки установки TCP-соединения, инициируемые извне.

Вместе с тем известны более изощренные методы, позволяющие процесс сканирования осуществлять скрытно: SYN-сканирование, FIN-сканирование, ACK-сканирование, XMAS-сканирование, NULL-сканирование.

Метод сканирования TCP-портов системным вызовом Connect() является основным для сканирования портов по протоколу TCP. Функция Connect() позволяет атакующему узлу соединиться с любым портом сервера. Если порт, указанный в качестве параметра функции, прослушивается сервером (т.е. порт открыт для соединения), то результатом выполнения функции будет установление соединения с сервером по указанному порту. В противном случае, если соединение не установлено, то порт с указанным номером является закрытым. Метод Connect() является легко обнаруживаемым благодаря наличию многочисленных попыток подключения с одного адреса и ошибок установления соединения (поскольку атакующий узел после соединения с сервером сразу обрывает его).

Метод сканирования TCP-портов флагом SYN известен еще как «сканирование с установлением наполовину открытого соединения» поскольку установление полного TCP-соединения не производится. Вместо этого атакующий отправляет на определенный порт сервера SYN-пакет, как бы намереваясь создать соединение, и ожидает ответ. Наличие в ответе флагов SYN|ACK означает, что порт открыт и прослушивается сервером. Получение в ответ TCP-пакета с флагом RST означает, что порт закрыт и не прослушивается. В случае приема SYN|ACK-пакета узел немедленно отправляет RST-пакет для сброса устанавливаемого сервером соединения.

Метод сканирования TCP-портов флагом FIN известен по-другому как «обратное стелс-сканирование с использованием флага FIN». Идея метода заключается в том, что согласно RFC 793 на прибывший FIN-пакет на закрытый порт сервер должен ответить RST-пакетом. FIN-пакеты на открытые порты игнорируются объектом сканирования.

Метод сканирования TCP-портов флагом ACK похож на FIN-сканирование, известен по-другому как «обратное стелс-сканирование с использованием флага ACK». Идея метода заключается в том, что согласно RFC 793 на прибывший ACK-пакет на закрытый порт сервер должен ответить RST-пакетом. ACK-пакеты на открытые порты игнорируются объектом сканирования.

Методы сканирования XMAS («Новогодняя елка») и NULL заключаются в отправке на сервер TCP-пакета с установленными всеми флагами (XMAS) либо со всеми сброшенными флагами (NULL). В соответствии с RFC 793 на прибывший пакет с данными значениями флагов на закрытый порт сервер должен ответить RST-пакетом. Такие пакеты на открытые порты игнорируются объектом сканирования.

Указанные выше методы сканирования позволяют злоумышленнику выяснить наличие открытых TCP-портов на атакуемом узле.

Выполнить анализ открытых UDP-портов злоумышленнику несколько сложнее, чем TCP-портов. Причина в том, что в отличие от протокола TCP, UDP является протоколом с негарантированной доставкой данных. Поэтому UDP-порт не посылает подтверждение приема запроса на установление соединения, и нет никакой гарантии, что отправленные UDP-порту данные успешно дойдут до него. Тем не менее большинство серверов в ответ на пакет, прибывший на закрытый UDP-порт, отправляют ICMP-сообщение «Порт не доступен» (PortUnreachable – PU). Таким образом, если в ответ на UDP-пакет пришло ICMP-сообщение PU, то сканируемый порт является закрытым, в противном случае (при отсутствии PU) порт открыт.

Для UDP-протокола нет четкого понятия, кто является инициатором пакета. Так, исходящий UDP-запрос на любую службу, очевидно, предполагает входящий UDP-ответ. Вместе с тем любой UDP-пакет с равной вероятностью может быть и входящим UDP-ответом, и исходящим UDP-запросом. Следовательно, в отличие от протокола TCP здесь нельзя четко разделить входящие и исходящие UDP-пакеты.

Единственным критерием, который позволяет идентифицировать входящие UDP-пакеты как атаку, является последовательность пакетов, отправляемая на различные UDP-порты. При этом порт отправителя вероятнее всего будет в «клиентском» диапазоне – больше 1024.

Данный этап атаки производится чаще всего одновременно с выяснением открытых портов. Суть его заключается в определении типа и версии программного продукта, отвечающего за получение информации на открытом порту. Это может быть, например, операционная система в целом, web-, ftp- или иной сервер. Зная версию

программного продукта, злоумышленник может, воспользовавшись известными уязвимостями данной версии, осуществить целенаправленную атаку.

Так, например, выяснив наличие открытого порта 25, злоумышленник отправляет стандартный запрос на соединение с ним и в ответ получает версию программного продукта, реализующего SMTP-сервер.

Признаком атаки в данном случае является выполнение входящих запросов к внутренним сетевым службам, особенно к таким, которые редко используются для работы в Интернет.

В литературе содержится большое количество упоминаний реализаций атак на различные сетевые службы: «PingFlood» (затопление ICMP-пакетами), «PingofDeath» (превышение максимально возможного размера IP-пакета), «SYNFlood» (затопление SYN-пакетами), «Teardrop», «UDPBomb» и т.д.

Среди особенностей каждой из версий следует отметить применяемый алгоритм аутентификации, в частности применение открытых или зашифрованных паролей.

Установка соединения между сервером (компьютером, предоставляющим доступ к ресурсу) и клиентом (компьютером, который желает воспользоваться данным ресурсом) происходит в четыре шага.

1. Установка виртуального соединения. Создается двунаправленный виртуальный канал между клиентом и сервером.

2. Выбор версии протокола. Клиент посылает запрос, содержащий список всех версий протоколов SMB, по которым он может создать соединение. Сервер отвечает номером записи в списке, предложенном клиентом (считая записи с 0), или значением 0xFF, если ни один из вариантов предложенных протоколов не подходит. Здесь же сервер передает требуемый режим безопасности, признак необходимости шифрования пароля и «вызов» (восемь случайных байт), используя который клиент зашифрует пароль и передаст его серверу в виде «ответа» на следующем шаге.

3. Установка параметров сессии. Клиент посылает имя пользователя, пароль (если он существует) в виде «ответа», имя рабочей группы, а также полный путь к доступной директории на сервере (перечень доступных директорий сервер предоставляет клиенту ранее по иному запросу).

4. Получение доступа к ресурсу. Сервер выдает клиенту идентификатор (TID – уникальный идентификатор для ресурса, используемого клиентом), показывая тем самым, что пользователь прошел процедуру авторизации и ресурс готов к использованию. Сервер указывает тип службы доступа: А – для диска или файла; LPT1 – для вывода на печать; COM – для прямого соединения принтеров и модемов, IPC – для идентификации при доступе к ресурсу.

Приведенная систематизация данных об атаках и этапах их реализации дает необходимый базис для понимания технологий обнаружения атак.

#### **Список литературы:**

1. Медведовский И.Д., Семьянов П.В., Леонов Д.Г. Атака на Internet – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ДМК. – 336 с.
2. Шаньгин В.Ф. Ш20 Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: учеб. пособие. – М. : ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2011. – 416 с.
3. Чирилло Д. Обнаружение хакерских атак. – М. ; СПб. : Питер, 2017. – 864 с.
4. Павлов В.В. Локальная сеть как инструмент информационной безопасности // Информация – Коммуникация – Общество. – 2017. – Т. 1. – С. 184–189.



ПСИХОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ УЧЕБНОЙ ЛЕКЦИИ  
ПО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ



PSYCHOLOGY OF PERCEPTION OF AN EDUCATIONAL LECTURE  
ON SOCIO-ECONOMIC DISCIPLINES

**Кашин В.А.**

кандидат исторических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье раскрываются психологические особенности восприятия лекции по социально-экономическим дисциплинам, ее роли в формировании личности курсанта. Характеризуется психология важнейших процессов образовательной деятельности в ходе лекционных занятий в военно-учебных заведениях.

**Ключевые слова:** мировоззренческие знания, целостное восприятие, динамика развития, моделирование социальной действительности, индуктивный и дедуктивный методы изложения, познавательная активность.

**Kashin V.A.**

PhD in Historical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article reveals the psychological features of the perception of a lecture on socio-economic disciplines, its role in the formation of a cadet's personality. The psychology of the most important processes of educational activity during lectures in military educational institutions is characterized.

**Keywords:** worldview knowledge, holistic perception, dynamics of development, modeling of social reality, inductive and deductive methods of presentation, cognitive activity.

**Л**екция – монологический способ изложения объемного материала. Преимущество лекции заключается в возможности обеспечить законченность и целостность восприятия обучающимися учебного материала в его логических опосредованиях и взаимосвязях [6, с. 195].

Восприятие учебной лекции может зависеть от многих факторов. Одним из важнейших является своеобразие содержания материала лекции как объекта восприятия.

Важной особенностью социально-экономических дисциплин является их научный, мировоззренческий характер [1, с. 10]. Поэтому знания в области истории, философии, экономики, культурологии, психологии не могут быть бесстрастной и безликой совокупностью некоей информации. Они всегда являются знаниями, в которых проявляются отношение, оценочные суждения к окружающим социальным событиям, процессам т.е. знаниями мировоззренческими. Если усвоение другой науки предполагает формирование убежденности в истинности получаемых знаний, то усвоение социально-экономических дисциплин предполагает внутреннее принятие курсантом, слушателем их выводов в качестве взглядов на общество, на окружающий мир, то есть собственного отношения к действительности, собственной позиции, с которой он оценивает для себя эту действительность.

Целостный, мировоззренческий характер общественных наук требует и целостного восприятия лекционного материала, что не сразу и не всегда удается курсантам. Неумение видеть за отдельными фактами, событиями, явлениями общественной жизни выражения соответствующих объективных законов, является характерным недостатком начинающих изучать социально-экономическую теорию [1, с. 12].

В лекциях по социально-экономическим дисциплинам не содержится ни формул, ни теорем, ни вычислений, не прослеживаются однозначных алгоритмических ходов и решения, ничего строго определенного, раз навсегда данного, заключенного в жесткие правила и предписания. Общественная жизнь настолько сложна и динамична, настолько в ней переплетены объективные и субъективные зависимости, что она мало поддается формализации. Однако, законы общественной жизни достаточно строги, но в отличие от математических, физических, химических и т.д. законов они более общи, менее категоричны. Поэтому общественные науки более описательны, их теоретические положения более подвижны, более подвержены влиянию быстро меняющейся жизни.

В лекциях по СЭД очень ограничены возможности для моделирования социальной действительности, почти исключена возможность демонстраций этой действительности. Что делает эти лекции менее наглядными [3, с. 43].

На лекциях курсанты воспринимают главным образом отвлеченную теорию с некоторыми наглядными иллюстрациями. Понять всю глубину этой теории, применительно к жизни, помогает им воображение и личный социальный опыт, которого часто недостаточно.

Личный социальный опыт – это модель социальной действительности, которую извлекая из памяти, курсант может мысленно воссоздавать в уме и на нее проецировать излагаемую теорию. Но эта модель обращена в прошлое и ограничена опытом индивида, поэтому может быть неполной, устаревшей, но зато это отражение самой жизни, которая помогает понять абстрагированную из нее теорию. Поэтому курсантам, не владеющим достаточным жизненным опытом, труднее глубоко усваивать общественные науки. Отсюда связь преподавания социально-экономических дисциплин с современными событиями, связь с профилем подготовки курсантов, иллюстрация теории известным жизненным материалом, подробный анализ войсковой практики, других военных вопросов – все это имеет громадное значение для достижения глубокого усвоения теории, так как служит опорой на непосредственный опыт, на воспринимаемую курсантами, «лично знакомую» социальную действительность [5, с. 23].

Но здесь возможно и отрицательное влияние личного опыта человека на содержание восприятия. Бывает, что при раскрытии в лекции вопросов, далеких от непосредственного опыта субъекта (или вопросов, просто незнакомых ему лично, или вопросов, которые в житейской практике обычно не возникают, или вопросов исторических, не встречающихся в современности) курсанты иногда искаженно воспринимают их сущность, упрощают или, наоборот, усложняют их, подходя к ним с позиции собственного ограниченного опыта.

Поскольку в лекции по общественным наукам излагаются в общем-то вопросы «из жизни», т.е. вопросы в основном знакомые из обыденной жизни, из печати, радио, телевидения, постольку излагаемый материал может казаться известным, понятным. Это может настраивать курсантов на легкомысленное отношение к лекции, создавать иллюзию легкости овладения общественными науками, в силу чего будет не облегчено, а наоборот, затруднено восприятие как раз наиболее глубоких и сложных моментов в материале лекции. Примерно такое же психологическое воздействие оказывает наличие большого количества знакомых терминов и понятий, часто встречающихся в печати, радиотелевизионных передачах в обиходе, но которые в действительности знакомы лишь по звучанию, а по научному содержанию, для многих порой оказываются мало известными. Но беда в том, что такая кажущаяся ясность в вопросе, не мобилизует на активное восприятие лекции.

То обстоятельство, что различные общественные науки изучают с разных сторон один и тот же объект – общественную жизнь, создает существенные трудности для адекватного восприятия курсантами излагаемого в лекции материала. Эта трудность курсантами не всегда осознается как трудность, иногда, она просто не замечается, но от этого не перестает быть трудностью. Суть ее в том, что затрудняется усвоение науки, искажается сущность вещей или сглаживаются различия между ними. Она особенно заметна при переходе от изучения одной дисциплины к другой, поскольку в каждой из общественных наук имеется свой особый аспект рассмотрения тех же общественных явлений.

Особенности восприятия курсантом лекции по общественным наукам могут зависеть не только от содержания лекционного материала, но и от особенностей лекции вообще как формы преподавания. В частности, к лекции как к источнику приобретения научных знаний, отношение курсантов бывает различным [4, с. 130]. Некоторые курсанты переоценивают роль лекции, считая ее всеобъемлющим источником знаний, и ждут от нее ответа на все вопросы учебной программы. Они думают, что материал лекции исчерпывает собой необходимый объем знаний, и поэтому задачу свою ограничивают добросовестным слушанием и записью лекций, не ориентируя себя на последующую кропотливую самостоятельную работу. Другие же, наоборот, полагают, что все необходимые знания содержатся в учебниках и первоисточниках, и поэтому слушанию и записи лекции не уделяют достаточно внимания.

Ясно, что обе эти крайние точки зрения не отражают истинной роли лекции и потому сильно вредят качеству усвоения общественных дисциплин.

Однако при самом правильном понимании роли и значения лекции в учебном процессе, при самом добросовестном отношении к лекции процесс восприятия лекционного материала курсантом может затрудняться или нарушаться, дело в том, что существует ряд психологических трудностей, общих для слушания всякой лекции и любым человеком.

Во-первых, курсант часть времени, когда он не записывает, может оказаться не занятым никакой активной деятельностью. Он просто слушает и размышляет над услышанным. Возникают различные ассоциации. Это создает условия для мысленных отвлечений и, как следствие этого, возможна потеря нити рассуждений лектора. Если такие отвлечения происходят часто, то становится трудно улавливать главное, именно то, что нужно было понять, записать, то, по чему можно было дальше следить за ходом изложения. Бывает, что иногда из-за таких отвлечений курсант перестает в дальнейшем понимать материал с достаточной полнотой, и ему начинает казаться, что тема сложная, непонятная и неинтересная, так может сложиться неверное представление и о предмете в целом. Чтобы избежать этого, необходимо активизировать познавательную активность обучаемых, с помощью различных средств и приемов восприятия лекционного материала.

Во-вторых, может оказаться, что курсанту трудно сразу приспособиться к стилю и индивидуальной манере изложения каждого лектора, особенно если они часто меняются. Даже одни и те же вопросы разными лекторами не могут излагаться совершенно одинаково: при неизменности основного объективного содержания могут заметно различаться не только внешняя манера, но и внутренняя структура изложения, метод раскрытия темы. Лекторы могут пользоваться разными методами. Например, если лектор избрал индуктивный метод изложения, т.е. рассматриваются последовательно факты, явления, события и т.д., и лишь потом делаются обобщения, то у курсантов возникают одни трудности. Если же метод изложения дедуктивный и сначала высказывается общее теоретическое положение, установившееся в науке, и лишь потом приводятся факты и другие доказательства в обоснование этого положения, то здесь – будут другие трудности. В первом случае курсанту приходится ждать, когда лектор ходом своих рассуждений дойдет до общего, главного. Только поняв это главное, он может его записать. Во втором же случае наоборот: сразу видно общее и главное – закон, принцип или какое-то другое научно-теоретическое положение, из которого потом уже сравнительно легко логически выводятся частные положения, правила, следствия или в подтверждение которого приводятся конкретные исторические факты.

Трудность восприятия и усвоения материала при индуктивном методе изложения заключается в том, что курсант порой теряется от обилия излагаемых друг за другом отдельных фактов, событий и, прежде чем лектор дойдет до обобщающего вывода, у него начинает иссякать терпение, вкрадывается сомнение в необходимости (или в возможности) знать, запоминать «все это». Он хотел бы спросить, надо ли все это помнить, но не решается. На эти сомнения у него уходят мысли и внимание, а в результате он упускает как раз то главное, к которому лектор за это время подошел логикой своих рассуждений. Конечно, так получается не всегда, но возможность такая далеко не исключена.

Учитывая это обстоятельство, лектор может начать с постановки главного вопроса, ответом на который и будет направлен весь ход дальнейшего рассуждения и завершающий его вывод. Когда изложение предваряется общим вопросом, то каждый отдельный аргумент (факт, событие и т.д.) воспринимается активно как ответ на этот вопрос. Поскольку в ходе изложения выясняется, что это не исчерпывающий ответ, то с интересом слушается каждый очередной аргумент. И так до обобщающего вывода.

При дедуктивном же методе изложения имеет место трудность обратного характера. Ухватиться за главное и записать его, здесь как раз легко, ибо лектор начинает изложение, отталкиваясь от главного, обобщающего, предварительно сформулировав и подчеркнув его. Эта легкость «схватывания» главного порой бывает только кажущейся. Создается иллюзия «понятности» даже там, где еще далеко не все ясно, где истину предстоит доказать, обосновать. Вот эта иллюзия и может оказаться причиной невни-

мательности ко всему тому, что будет излагаться лектором вслед за провозглашением какого-то общего положения и будет его аргументацией, обоснованием. Если курсант не понял аргументов, доказывающих истинность главной мысли, то нельзя считать эту мысль усвоенной. Дело в том, что с помощью одного лишь общего теоретического положения не всегда можно объяснить сложные явления жизни.

Отсюда напрашивается вывод: мало требовать знания, запоминания главного, обобщающего, надо еще добиваться глубокого понимания и объяснения этого главного.

Таким образом, психологические особенности восприятия лекции по социально-экономическим дисциплинам производны от содержания лекционного материала и от самой лекции как важнейшей формы учебной работы. Так или иначе эти особенности требуют учета в процессе преподавания.

#### **Список литературы:**

1. Бадмаев Б.Ц. Психологическая характеристика преподавания общественных наук в военно-учебном заведении // Лекции прочитанные в Военно-политической академии. – М. : 1972. – 107 с.
2. Военная педагогика: Учебник для вузов / Под ред. О.Ю. Ефремова. – СПб. : Питер, 2008. – 640 с.
3. Кашин В.А. Взаимодействие слова и наглядности в лекциях по общественным наукам // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 43–46.
4. Кашин В.А., Кашина Л.Г. Культура речи преподавателя на лекции // В сборнике VI Международной научно-практической конференции, посвященной 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 130–133.
5. Кашин В.А. Обучение и воспитание в формировании личности: общее и специфическое // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 22–24.
6. Педагогика. Учебное пособие / Под ред. П.И. Пидкасистого. – М. : Высшее образование, 2006. – 432 с. (Основы наук).

УДК 355.5

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ  
ВЫПУСКНИКОВ ЛЕТНОГО УЧИЛИЩА В СООТВЕТСТВИИ  
С ТРЕБОВАНИЯМИ СОВРЕМЕННОГО ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО  
ДАЛЬНОГО И БЛИЖНЕГО МАНЕВРЕННОГО ВОЗДУШНЫХ БОЕВ**



**IMPROVEMENT OF THE SYSTEM OF GRADUATES TACTICAL TRAINING  
IN FLIGHT SCHOOL IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF  
MODERN TECHNOLOGICAL LONG-RANGE AND SHORT-RANGE  
MANEUVERABLE AIR BATTLES**

**Корсунов С.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
sergey.korsun27@mail.ru

**Баринов С.В.**

доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
barinov52@mail.ru

**Попов С.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
avi\_ator66@mail.ru

**Аннотация.** Раскрываются имеющиеся в настоящее время и рекомендательные предложения по усовершенствованию системы тактической подготовки выпускников летного училища.

**Ключевые слова:** тактическая подготовка, принципы обучения, профессионально-летное мышление.

**Korsunov S.V.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
sergey.korsun27@mail.ru

**Barinov S.V.**

Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
barinov52@mail.ru

**Popov S.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
avi\_ator66@mail.ru

**Annotation.** The currently available recommendation proposals for improving the system of tactical training of flight school graduates are revealed.

**Keywords:** tactical training, training principles, professional flight thinking.

**Р**асширение возможностей современных истребителей в дальнем ракетном и ближнем маневренном боях и тактического уровня ПВО стало возможным благодаря внедрению полностью новой, эффективной и многофункциональной боевой техники [4, с. 9].

Воздушный бой – вооруженное противоборство в воздухе экипажей (авиационных подразделений, частей) с целью уничтожения противника, отражения его атак или принуждения к отказу от выполнения своей боевой задачи. Современному воздушному бою присущи следующие основные черты:

- групповой характер;
- большой пространственный размах;
- скоротечность и высокий динамизм событий;
- наличие, как правило, двух фаз – дальнего и ближнего воздушного боев;
- деление сил противоборствующих сторон на различные группы тактического назначения;
- сложность воздушной и помеховой обстановки.

При создании профессиональной армии с учетом указанных особенностей воздушного боя на уровень подготовки летчиков-истребителей существенно влияют следующие условия: наличие современных высокоэффективных методик подготовки к ведению воздушного боя, а также отбор методов, организационных форм и средств, оптимальных с точки зрения поставленных задач.

В настоящее время боевая подготовка авиационных частей и подразделений сводится, как правило, к выполнению определенных нормативов в заданных условиях.

В результате никто не может гарантировать, что в реальном бою каждый летчик (даже прошедший подготовку вплоть до зачетного упражнения) сможет эффективно использовать боевые возможности авиационных комплексов и их вооружение. На данный момент наблюдается тенденция усложнения системы вооружения и военной техники, которая, постепенно видоизменяясь, переходит в область сетевых и высокоавтоматизированных эргатических систем. Деятельность военного летчика приобретает плохо алгоритмизированный характер, что по-новому ставит задачу профессиональной подготовки курсантов-летчиков [3, с. 15].

В тактической подготовке курсантов для истребительной авиации скрывается большое количество важных факторов, своевременное выявление которых составляет суть управления учебным процессом подготовки обучающихся к ведению воздушного боя путем усовершенствования процесса обучения.

Одним из приоритетных направлений в профессиональной подготовке летчиков в ходе обучения в условиях высшего военного учебного заведения является более широкое применение в процессе обучения тренажерных средств и совершенствование форм и методов обучения с их использованием. Это обуславливается наличием современных, обладающих высокими боевыми качествами, оснащенных сложнейшими агрегатами, приборами и системами боевых самолетов, освоение которых требует от личного состава глубоких знаний и твердых практических навыков при их эксплуатации и в ходе боевого применения.

Существующие методы, принципы, структура, содержание и формы обучения ведению воздушного боя не всегда дают должный положительный результат, так как традиционное обучение формирует знания, навыки и умения только репродуктивным методом и без взаимосвязи.

Анализ теории и практики процесса обучения курсантов военных вузов показывает, что методы традиционного или информационно-рецептивного обучения, направленные на передачу определенной суммы знаний, а также формирование умений и навыков практической деятельности не всегда способны решить подобные задачи. В целом традиционные методы обучения предполагают предоставление готовых решений в качестве образца, активность обучающегося по своей направленности и содержанию носит репродуктивный характер.

В деятельности преподавателя педагог предлагает выделить такие методы, как демонстрация, объяснение, проблемное изложение. В деятельности курсантов-летчиков выделяются такие методы, как осмысление, проговаривание, наблюдение, осмысление поставленной проблемы и ее решений.

Для ведения современного воздушного боя летчик должен владеть строго определенными приемами (алгоритмами) рассуждений и действий, поэтому имеет большое значение применение программно-алгоритмических методов обучения, в особенности при обучении курсантов действиям в нестандартных ситуациях воздушного боя. Для того чтобы научить курсантов самостоятельно находить решение проблем, применяются продуктивные методы обучения – частично-поисковый (или эвристический) и исследовательский. Они направлены на развитие творческого мышления и познавательной деятельности будущих летчиков [3, с. 8].

Для достижения цели профессиональной подготовки курсантов к ведению воздушного боя особое значение имеет применение специфических методов, базирующихся на специфических принципах обучения. К ним относятся: метод строгой регламентации и временного лимитирования осваиваемых действий; метод дополнительной психофизиологической нагрузки на фоне основной деятельности; метод ритмичного возрастания психофизиологической нагрузки; и метод комплексного формирования психофизиологических качеств.

Метод обучения «делай как я», широко принятый в авиационных частях, в данной ситуации также имеет серьезные ограничения в силу необходимости выполнения значительного объема алгоритмических операций, непонятных курсанту и вызывающих в силу этого у него «информационный шок». Таким образом, актуальным является анализ существующих методов обучения курсантов-летчиков и выделение перспективных, которые можно использовать для обучения будущих военных летчиков ведению воздушного боя.

Выделяются следующие методы обучения курсантов-летчиков:

- репродуктивные (лекции, объяснение, иллюстрация, демонстрация);
- проблемное изложение (практические занятия); эвристические;
- метод анализа конкретных ситуаций;
- метод инцидентов;
- метод инсценировки;
- ролевые игры;
- тренажи;
- упражнения;
- тестовые задачи;
- проблемные задачи (тесты, упражнения).

Поиски новых подходов, новых способов в обучении развернулись в авиационных ВУЗах. Появились специализированные классы наземной и предварительной подготовки, комплексы предполетной подготовки и тренажные площадки, карточки тренажей в кабине самолета, методические разработки в виде комплексных схем полетных заданий и т.д.

В последние десятилетия XX века, кроме традиционных методов можно выделить новые методы – методы компьютерного обучения, методы формирования образа полета и методы тренажерной подготовки.

Для формирования профессионального мастерства летчиков при ведении воздушного боя наиболее действенными методами являются: интенсивное обучение, позволяющее формировать интегративные профессиональные знания, навыки и умения, которые направлены на эффективное использование знаний обучающегося и расширение информационных возможностей будущих военных летчиков [4, с. 9].

Также для решения проблемы боевой подготовки летчиков используются методы моделирования и имитации двустороннего учебного боя, а также возможных комбинаций этих методов.

Метод полунатурного моделирования двустороннего боя дает возможность обучать экипажи действиям друг против друга на полунатурных тренажерах практически в любых условиях обстановки и на любой местности. При этом в ходе многократных тренажерных боев имеется возможность сформировать устойчивые навыки управления системы вооружения авиационных комплексов.

Мастерство боя обеспечивается знанием принципов воздушного боя, творчеством, разумом и плюс отличной выучкой.

Подготовка летчика – мастера воздушного боя должна основываться на постоянном боевом совершенствовании; отличных знаниях тактики действий противника, нашей тактики и опыта передовых летчиков – мастеров воздушного боя, поиске новых форм боя и навязывание их противнику, не останавливаясь на достигнутом. Предела мастерства нет. Ослабил совершенствование – значит отстал, а отсталых бьют [2, с. 17].

Подготовка должна основываться на базе:

- а) изучения опыта Локальных войн и вооруженных конфликтов, изучения опыта передовых летчиков-мастеров воздушного боя;
- б) отработки всех элементов на земле, на тренажерной аппаратуре и доведения их до автоматизма;
- в) отработки всех элементов в воздухе, максимально приближая условия полета к боевым условиям;
- г) систематической и глубокой работой слушателя над собой под руководством и контролем преподавателей из числа летного состава, а также с перспективой привлечения летного состава летно-методического отдела (ЛМО) ВВАУЛ.

Личный состав ЛМО ВВАУЛ также должны заниматься разработкой (принимать участие) рекомендаций (инструкций, методических пособий и разработок) по подготовке курсантов летных училищ к выполнению боевого полета.

Летная подготовка в современных условиях должна заменить относительно консервативную и жесткую философию обучения, имевшую место в советское время, направленную главным образом на обеспечение безопасности полетов. Категорически запрещалось любое намеренное срабатывание системы СОС. Это в корне тормозило

профессионализм летчиков для подготовки их к высокоманевренным воздушным боям, подготовка проводилась на основе «базовых истребительных маневров». Причем эти маневры были заранее согласованы и обговорены летчиками в деталях еще до полета. Этот устаревший подход к ведению боевой учебы полностью исключал такой элемент, как непредсказуемый маневренный воздушный бой, приближенный к реальному. То есть систематически недоиспользовалось около 50 % огромного потенциала современных истребителей в области маневренности в воздушном бою из-за многочисленных административных ограничений [1, с. 11].

В учебных боях без ограничений, в ходе которых обе стороны будут выполнять агрессивное маневрирование, т.е. маневры на пределах пилотажных возможностей самолета-истребителя, необходимо будет ожидать как нормальное явление частое срабатывание системы ограничения углов атаки самолета.

Превышая значения системы ограничения углов атаки, можно продолжать горизонтальный полет и на меньших скоростях и большем угле атаки, хотя при этом будут возникать некоторые проблемы с устойчивостью из-за постоянного подрагивания ручки управления, вызванного работой системы ограничения углов атаки. Подобные серьезные ограничения превышения углов атаки не позволяли полностью раскрыть потенциал самолетов истребителей из-за «безопасной политики» подготовки летного состава в середине 1980-х годов при поступлении истребителей МиГ-29 и Су-27 на вооружение ВВС СССР, с целью обеспечения безопасности управления на малых скоростях для пилотов средней квалификации.

В то время минимальное ограничение скорости, предписанное Руководством по летной эксплуатации по каждому типу самолета, должно рассматриваться как рекомендательное для летчиков средней квалификации. На этой скорости МиГ-29 и Су-27 могут безопасно маневрировать при перегрузке в 1,5 g. В техническом описании самолета написано, что истребитель может сохранять горизонтальную скорость 240 км/ч при угле атаки 26°.

Несмотря на все улучшения в плане подготовки к ведению маневренного воздушного боя, приближенного к выполнению боевой задачи по уничтожению подготовленного воздушного противника, не хватало современной модели боевой подготовки, которая бы позволила развить качества летчику истребителю, необходимые для ведения воздушного боя. В прошлом нас постоянно наказывали за снижение скорости ниже 300 км/ч в ходе маневрирования или воздушных боев, но МиГ-29 и Су-27 достаточно безопасные самолеты-истребители для управления на указанных малых скоростях, и этот режим не представляет собой опасности для летно-тактической подготовки.

Необходимо решение по включению полетов на режимах малой скорости и больших углов атаки в курс боевой подготовки летного состава ИА к ведению боевых действий. Эти сверхманевренные возможности истребителей должны входить в обычные повседневные полеты первоначально для обучения на учебно-боевых самолетах с летным составом, готовившимся по программе совершенствования при подготовке к ведению боевых действий. При этом подготовленный и имеющий соответствующие допуски инструктор находится в «инструкторской» кабине и управление истребителями на критических режимах является обязательной частью подготовки для каждого летчика-истребителя, при условии сохранения безопасных условий полета [1, с. 18].

В практике обучения в полете применяются такие методы, как: показ выполнения полета, какого-либо элемента полета, маневра, фигуры пилотажа или отдельных действий; совместное выполнение обучающим и обучаемым летчиком полета или осваиваемого элемента полета, маневра, фигуры пилотажа; тренировка обучаемого летчика в выполнении осваиваемых элементов полета и действий под наблюдением обучающего; указания обучающего в полете по самолетному переговорному устройству.

Таким образом, можно заключить, что каждому этапу обучения курсантов тактической подготовки соответствуют различные специфические методы и формы обучения с учетом большого количества внезапно возникающих важных факторов, присущих реальным боевым действиям и розыгрыша данных ситуаций. Все это будет способствовать получению глубоких тактических знаний курсантами летного училища и твердых практических навыков при эксплуатации ими авиационных комплексов в ходе подготовки летному и боевому мастерству.



Для успешного проведения воздушного боя, уничтожения воздушного противника, летчик-истребитель должен уметь, прежде всего, обнаружить противника первым и в процессе скрытого сближения добиться тактических преимуществ и, в первую очередь, внезапности выполняемой атаки с занятием тактически выгодного положения для применения авиационных средств поражения. Видимый противник не страшен, невидимый – грозит своей победой.

Боевую задачу способен выполнить летчик, который знает тактику противника, владеет тактической обстановкой в районе выполнения поставленной задачи, способный оценить боевые возможности противостоящего противника и подготовленный к ведению боевых действий в полном объеме. Уничтожение противника – вот конечная цель боя.

В вопросе изучения противника нельзя упускать какие-либо мелочи, необходимо помнить, что он также подготовлен к выполнению своей боевой задачи в полном объеме.

Предвидение тактической ситуации – необходимое качество подготовленного летчика. Предвидение тактической ситуации предполагает развитое профессионально-летное образное мышление.

На благоприятный ход боя большое влияние оказывает инициатива летчика, отказ от шаблона в действиях, от трафарета. Инициативный летчик – это летчик, который действует глубоко осмысленно, сообразуясь с обстановкой, это летчик быстрых, смелых решений и действий, непрерывно ищущий новые тактические приемы боя, это летчик, действующий стремительно и решительно, доводя атаки настойчиво до решительной победы. Летчик должен не механически, не формально, а творчески подходить к решению всех вопросов, неожиданно возникающих в скоротечном бою [3, с. 11].

Так как основные боевые порядки истребительной авиации при выполнении боевых задач это пара или звено самолетов, то необходимо и наличие тренажерных комплексов для отработки летчиками элементов парного и звеньевое боя. Это необходимо для отработки таких вопросов, как огневое и тактическое взаимодействие; распределение целей в группе с использованием имеющейся на современных истребителях аппаратуры межсамолетной навигации и телекодовой связи, что на практике вообще не используется летным составом. А если и стоит такая задача, то подход к ней формальный. А это необходимое требование современного боя с использованием единой информационной системы воздушного пространства с участниками боя, включая передовых авианаводчиков и операторов-наводчиков при задаче по поражению наземного противника. Это тоже, на данный момент, проблемный вопрос, т.к. данная тренажерная аппаратура отсутствует в авиационных частях. Следовательно, летный состав не имеет даже «тренажных» навыков данного вида подготовки (отработки действий на конкретном этапе боевого полета) для качественного выполнения боевой задачи.

Необходима также разработка компьютерных программ, имеющих своей целью тренировку экипажей в предварительных расчетах и моделирования боевого полета для выполнения заданной боевой задачи с имитацией искусственных сред в форме виртуальной реальности и элементами тактической обстановки. При этом, в соответствии с обстановкой и этапами обучения, избирательно моделируются только те элементы реальной деятельности, которые необходимы для порождения обучающей среды в соответствии с требуемой на том или ином этапе профессиональной подготовки логикой обучения, что достигается с помощью технологий виртуальной реальности.

В повседневной учебно-боевой подготовке требуется учить тому, что необходимо на войне: обучение боевому маневрированию на критических режимах, на пределах пилотажных возможностей самолетов. А не оформлять авиационные инциденты, отталкивая лётный состав от стремления выработать внезапные и дерзкие тактические приемы, основанные на новых боевых маневрах и подтвержденных расчетами, и в конечном итоге моделированием боевого полета с достижением максимального результата выполнения боевой задачи с минимально возможными потерями.

Поэтому сложный, непредсказуемый и нередко продолжительный маневр, выполняемый в разрез с законами аэродинамики, направлен к одной цели: открыть прицельный огонь (пуск УР малой дальности) и уничтожить противника. Если летчик не владеет в совершенстве боевым маневром, то он не сможет создать условия для при-

цельного огня и, наоборот, как бы летчик искусно не маневрировал – это ничего не даст, если он не владеет в совершенстве системой вооружения и не имеет достаточной натренированности в пусках (стрельбе) по ВЦ.

Поэтому, делая обучение боевому маневрированию и воздушным боям на предельных режимах обычной практикой, летчик приобретает психологическую уверенность, что он сможет удержать самолет на критических режимах управляемым, действовать в любой ситуации и не допускать сваливания при маневрировании. Таким образом, летчик-истребитель чувствует себя уверенно на малых скоростях и критических углах атаки, так как он уже обучен боевому маневрированию и ведению воздушных боев на пределах возможностей самолета.

Понятие «летное мастерство» как фактор боевой эффективности современного летчика-истребителя охватывает характеристику уровней широкого спектра его личных способностей, профессиональных качеств: общий уровень летно-тактической, боевой и специальной подготовки каждого летчика, глубину профессионального обучения, освоения пилотажного мастерства, техники, вооружения и их возможностей, уровень и широту тактического мышления и быстроту реагирования на изменения ситуации в динамичном и напряженном воздушном бою, высокие моральные и волевые качества, расчетливую решительность и осторожность. Все эти качества и свойства в совокупности определяют формирование и подготовку летного состава сил истребительной авиации ВВС, уровень их боеспособности и боеготовности к ведению победоносных воздушных боев «новых технологий и нового облика».

На учениях и при моделировании воздушных поединков в ближнем маневренном бою неоднократно демонстрировалось такая неопределенность в оценках «летного мастерства» и оказывалось, что превосходство в бою не обязательно будет на стороне «превосходящего» по технологии и вооружению истребителя. С этой точки зрения вероятно уже нет смысла сравнивать современные истребители, поскольку по уровням технологий и вооружениям все они почти выровнены и разница лишь в том, как мастерски летчики используют все это в воздушном бою, что опять же включает важный элемент «человеческого фактора».

Для эффективного управления авиацией при ведении боевых действий и обеспечения ее безопасности в том числе и в зонах ведения огня своих наземных и морских зенитных ракетных частей необходимо провести еще два существенных мероприятия. Это реализовать в полном объеме территориальный принцип построения системы ПВО (ВКО) на основе использования каждой боевой единицей в отдельности (самолет или пусковая установка ЗРК) информацией от единого информационного пространства поля боя о воздушном противнике в режиме «онлайн» и разработать новое положение об организации и поддержании взаимодействия различных родов и видов ВС РФ при ведении ими совместных боевых действий.

Реализация территориального принципа построения системы ВКО предполагает развертывание в каждом районе ПВО, создаваемом на базе соединения ПВО, постоянных систем управления и разведки воздушного и «ракетного» противника. Для обеспечения единства управления истребительной авиацией в систему управления района ПВО включаются все пункты управления и наведения ИА, а также самолеты ДРЛО и У, которые должны быть автоматизированы и сопряжены в единую информационную систему пространства поля боя.

В территориальной системе любые соединения, части или подразделения, попадающие в район ПВО, должны «подключиться» к единой информационной системе и системе управления района. При этом командование района сможет сразу учесть в своем общем плане новые наземные или морские формирования (средства) ПВО и их зоны разведки и зенитного ракетного огня и скорректировать общую систему ПВО, в том числе систему истребительного авиационного прикрытия.

При изменении или появлении в районе ПВО новых зон зенитного ракетного огня появится возможность сразу изменять пространственные ограничения для авиации с целью обеспечения ее безопасности. Имеющиеся и поступившие в район части и подразделения авиации можно направлять в скорректированные районы поражения воздушного противника для создания в них необходимого соотношения сил при решении своих специализированных задач.

Элементы взаимодействия войск и сил ПВО и обеспечения безопасности авиации в зонах огня своих зенитных средств всегда остается на проблемном уровне. Это обусловлено появлением новых зенитных ракетных систем дальнего действия (С-400 и др.), затрудняющих обеспечение безопасности авиации, разнообразных БЛА и гиперзвуковых летательных аппаратов, резко увеличивающих сложность и скоротечность боевых действий. Поэтому разработка нового положения об организации и поддержании взаимодействия по ВКО на основе использования единого информационного пространства поля боя чрезвычайно актуальна.

Возможно, как вариант, и рассмотрение вопроса возврата авиационных полков, вооруженных многоцелевыми истребителями, в соединения ПВО. Однако необходимо понимать, что нахождение даже небольшой части авиации в соединениях ПВО восстанавливает всю меру ответственности должностных лиц органов управления соединений за ее эффективное применение и безопасность. Эта ответственность заставит органы управления самым серьезным образом обрабатывать весь комплекс задач и документов для применения авиационных частей совместно с частями ЗРВ и РТВ, так как будет осуществлен один из основных принципов ведения боевых действий – централизованное управление в лице одного командира и полного боевого расчета на своих КП при использовании разнородных сил.

Этот же широкий комплекс задач обязаны уметь выполнять и экипажи истребителей, которые являются многоцелевыми. Кроме выполнения своих боевых задач, в том числе и задач ВКО экипажи многоцелевых самолетов-истребителей должны сопровождать ударную и военно-транспортную авиацию, преодолевать систему ПВО противника, наносить удары различными средствами поражения по разнообразным и, в том числе, наземным объектам от времени обнаружения целей до времени, минимально приближенному для её уничтожения. В сложившейся ситуации ответ на вопрос, как быстро и эффективно экипажи многоцелевых самолетов будут решать множество разнообразнейших задач с использованием единого информационного пространства поля боя, остается на проблемном уровне.

При всех существующих вариантах дальнейшего развития авиации и структуры ВКО ВС РФ, основанных на экономии штатных должностей и материальных ресурсов, требуется ряд существенных и действенных, в том числе и организационно-штатных мероприятий.

#### **Список литературы:**

1. Благинин В.В. Влияние человеческого фактора на безопасность полетов // Межвузовский сборник научных трудов. – Краснодар, 2017. – № 21.
2. Бабик В.К. Истребители меняют тактику. – М. : Воениздат, 1983.
3. Картамышев П.В. Методика летного обучения. – М. : Транспорт, 2018.
4. Юргенсон А.В. Новинки МАКС-2021 // Авиация и космонавтика. – 2021. – № 9.

УДК 159.956

**ИНТУИЦИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ РАСКРЫТИЯ  
ТВОРЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КУРСАНТА**



**INTUITION AS A BASIS FOR THE REVEALING  
THE CREATIVE ACTIVITY OF A CADET**

**Энсис Е.И.**

кандидат психологических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Колесников В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В работе показано, что для повышения мотивации к обучению в ходе учебного занятия использовались методы для развития творческого потенциала. Разработанные для этого методики, рекомендации и алгоритм-версии в условиях интерактивного обучения строились на активировании мышления и командного навыка в группе. Установлено, что творческая активность мышления нарабатывается под руководством преподавателя на основе ментальных установок: предположения, догадок и интуиции в процессе взаимодействия его с группой.

**Ключевые слова:** сознание, интерактивное пространство, интуиция, алгоритм-версия, смысл, догадка, коридор принятия решения.

**Ensis E.I.**

PhD in Psychological Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Kolesnikov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The paper shows that methods for the development of creative potential were used to increase motivation for learning in the education process. The developed methods, recommendations and algorithm-versions in the conditions of interactive learning were based on the activation of thinking and team skills in a group. It is established that the creative activity of thinking is developed under the guidance of the teacher on the basis of mental attitudes: assumptions, guesses and intuition in the process of his interaction with the group.

**Keywords:** consciousness, interactive space, intuition, guess, corridor decision-making.

**В** процессе обучения преподаватель должен использовать не только логико-аналитические методы, но и широко использовать творческий подход в освоении курсантом умений, а именно:

- излагать грамотно теоретический материал;
- мыслить вариантно;
- высказать, предположить и, наконец, предложить своё решение.

Если интуиция есть творческий процесс, то умение осознавать интуицию – это умение знать. Сознание не может осознавать свои границы, поэтому возникают следующие проблемы в сознании курсантов – проблемы их познавательных способностей. Приведём их:

- индивидуальное ограничение на скорость мышления (сообразительность);
- реагирование на сигнал (вопрос преподавателя, командный диалог, приказ);
- осознание факта необходимости исполнения и смысла происходящего.

Исходя из этого, процесс выбора для курсанта (из-за неосознанности) является сложным, поэтому мы предлагаем следующий *коридор принятия решений*:

- проговорить учебный материал для опустошения сознания, чтобы перестать замечать раздражители, шум, отвлекающие мысли;

- произвести неосознанную обработку информации (неосознанно говорим, неосознанно подбираем слова);
- принять первое слово, которое придёт в голову, как главную координату спонтанного выбора (проявить абсурдное мышление);
- доработать информацию, опираясь на жизненный опыт и на знание учебного материала (проявить логическое мышление);
- принять решение, что осознавать, а что нет (проявить интуитивное мышление).

В основном курсанты при принятии решения имеют эмоциональное предвосхищение, которое зависит не только от эмоционального равновесия и чистоты сознания, но и от функциональных способностей органов чувств. Например, глаз реагирует на 2–3 кванта света, ухо способно слышать соударение молекул, мозг регистрирует реакции за тысячные доли секунды. Но курсант не способен из-за нерешительности и противоречий использовать эти функции. И его запоминание информации становится «сквозным» процессом, поэтому она не осознается и не обрабатывается для принятия решения.

Для развития интуиции необходим здравый смысл и такое сознание, которое мыслит в образах. Тогда в сознании курсанта происходит поиск истины на фоне флирта с абсурдным мышлением. Теоретический ум не мыслит и не говорит, как действовать. Он может обработать только два типа информации: обычную и осознанную. Поэтому, целью нашей работы является «... выстраивание алгоритма процесса принятия решения через познавательное образование, основанное на чувстве, разуме и базисных законах причины и следствия» [1, с. 58].

Объём внимания курсанта, который проходит коридор принятия решения, неосознанно имеет кратковременную память: например, запомнить семь знаков за секунду « я могу», «я переживаю действия», «я – удерживаю заученное». В этом процессе нет свободы выбора, нет алгоритма, а значит, и нет ответственности. Объём внимания курсанта имеет сенсомоторное научение и, как следствие, неэффективную деятельность, в результате чего происходит взаимное «угасание» и «торможение» процессов мышления за счет наложения хаотических мыслительных процессов.

Ниже приводим таблицу 1 для различения влияния внешних и внутренних условий на продуктивность восприятия курсантов с целью проработки коридора принятия решений.

**Таблица 1** – Влияние условий на продуктивность восприятия

Внутренние	Внешние
<ul style="list-style-type: none"> <li>– открытость опыту;</li> <li>– внутренняя уверенность;</li> <li>– способность к образному мышлению;</li> <li>– интуиция</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– психологическая безопасность;</li> <li>– признание обществом;</li> <li>– психологическая свобода;</li> <li>– оценка творчества</li> </ul>

Курсант с интуитивным мышлением выходит на плато истинного образования за счет обучения смыслов и образов. Его интуиция не пользуется памятью, а является процессом творчества как спонтанной активностью и влюбленностью в свою идею, свои знания и профессию. В процессе обучения его творчество становится экстазом, состоянием, которое позволяет выйти за пределы личного пространства, т.е. в мир запредельности. Во время этого процесса формируется намерение. Намерение – это интенция создать. Творческий акт (возбуждение, катарсис) проявляет в курсанте стремление к реализации своих способностей. На творческий акт во время учебного процесса влияют внешние и внутренние условия. Во время этого процесса проявляется неосознанное отражение реальности и очевидности. При этом состоянии слова становятся символом душевного состояния, а речь – символом смысла. Последствием этого состояния является отрешение («опустошение сознания»). Как следствие решения творческой задачи на словесно-логическом уровне при опоре на знания, проявляется языковая интуиция.

На основе тестирования курсантов и анализа семинарских занятий был выявлен уровень их интеллектуальной подготовки:

*Курсант-стандартник* отличается умением определить тактическую версию. Следующим шагом его интеллекта является идея – смекалка, облечённая в форму действия. Итогом его информативно-цифрового интеллекта станет творческий процесс поиска вариантов решений.

*Курсант-личность* отличается умением получить идею стратегического решения. Следующим шагом его интеллекта является образ, облечённый в форму слова. Итогом творческого интеллекта на базе синтеза знаний является образ, который он формулирует вербально, но действие в пространстве и во времени не совершается.

*Курсант-интуит* отличается умением определять коридор решений. Следующим шагом его интеллекта является интуиция как идея-форма действия. Итогом развития интуитивного интеллекта является озарение как фактор дальнейшего стратегического действия и внедрения проекта в материальную форму.

Интерактивное пространство необходимо для раскрытия творческой активности курсантов и приобретения смыслов. Тогда сознание обладает высокими вибрациями и подчиняется законам квантовой механики.

Было определено, «... что сознание – это поле, на котором совершается надделение смыслом» [2, с. 27].

*Смысл* – это то, что привносит в мир курсант, а его действительность – это ментальная интерпретация, при которой основной задачей для него является выбор наилучшего из смыслов. Критерием этического совершенства и его осмысление происшедшего является вдохновение, а фазой инкубации вдохновения является *догадка*.

Важнейшую роль в этих процессах играет компетенция преподавателя и его профессиональный диалог по наработке группового навыка.

Предлагаем методику поиска смысла:

– когда все исчерпано: знание, умение, и навык, тогда курсанту необходимо спуститься с теоретических и информационных вершин;

– войти в состояние интуиции, как неосознанное отражение реальности, где слова преподавателя будут символом его душевного состояния, а речь его символом смысла;

– языковая интуиция преподавателя позволит курсанту войти в состояние отрешенности – опустошенности сознания;

– обеспечить сознание курсанта полем осознанности, на котором совершается надделение задачи и действия смыслом.

Смысл – это то, что привносит в учебный процесс преподаватель. И его задача состоит в наилучшем выборе из смыслов, а выбор курсанта – это интерпретировать и создавать действительность.

Приведём *алгоритм* последовательности действий интуита, который проходит следующие ступени творческого акта:

– преподаватель определяет круг интересов (требуются синтетические знания по теме: исследования, литература, методика);

– преподаватель определяет предмет или задачу для приложения творческих сил, для поиска;

– фаза инкубации;

– догадка (инсайт, гипотеза);

– мощный эмоциональный всплеск (экстаз, эврика);

– курсант встраивает свою идею в знание и при помощи эрудиции создает теорию;

– проверка догадки (при помощи интуиции);

– проведение эксперимента

– реконструирование логики своей интуиции.

Таким образом, проявление группового навыка при помощи преподавателя для приобретения интуитивных способностей позволяет курсанту любого уровня получать достоверные знания. Его теория учебной темы выстраивается как интерпретация идей. При этом происходит резонансная сонастройка, психозэмоциональная интерференция, между всеми участниками процесса [1, с. 26]. Это позволяет рассмотреть интуицию как феномен психозэмоциональной интерференции, где важно не заучивание текста, а понимание смысла и законов причины-следствия. Грандиозное взаимодействие текста,

смысла, причины и следствия позволяют овладеть синтезом знаний, что увеличит объём памяти и остроту внимания за счёт уменьшения времени из-за ментального исключения негативного или случайного выбора [3, с. 86].

Задачей всех курсантов становится умение логически оправдать и так скорректировать догадку, чтобы она согласовывалась с опытом и полученными знаниями. При таком сознании курсант через интуицию имеет представление о характере задачи и пути её решения.

Сознание как механизм работает по жесткому алгоритму. Приведём **алгоритм-версию** принятия решения, предложенную преподавателем для группы курсантов:

- шаг первый: определить уровень сознания курсанта, определить проблему для выбора решения;
- шаг второй: провести сбор информации по проблеме; размышлять, рассуждать для выявления противоречий;
- шаг третий: определить причину выбора и дать ей интерпретацию;
- шаг четвёртый: найти новый логический трюк-абсурд, иллюзию, импульс, внутренний голос, организмическое чувство для определения позиций всем остальным;
- шаг пятый: проявить умение отстаивать свой выбор в дискуссии с оппонентом;
- шаг шестой: принять ответственность за свой выбор.

Таким образом, сознание курсанта должно работать согласно рекомендациям и методикам с помощью догадок и интуиции в процессе взаимодействия преподавателя с группой, чтобы осознать происходящее, а выбранную версию воспринять как очевидную. Совместная деятельность в группе должна происходить в три этапа:

- создание сенсорного образа (визуализация воображения);
- проявление моторной реакции (проявление намерения);
- образ действия (интенция как намерение создать)

Для развития интуитивного качества курсанта важная роль принадлежит преподавателю. Рассмотрим аспект развития интуитивного интеллекта курсанта с позиции конструктивного взаимодействия преподаватель-курсант.

Учебный процесс в нашем училище выстраивает в курсанте не только позитивное отношение собственной мысли к миру причинности, но и выводит их на понимание основ мироздания на базе синтеза знаний. Чтобы курсанты и преподаватели при взаимодействии имели возможность расширить круг своих действий, ограниченных их неведением, они должны выйти за пределы своих познаний посредством интуиции, чтобы открыть мир многих измерений, основываясь на научно разработанных принципах. Переход к новому способу мышления в современных условиях необходим и должен постоянно совершенствоваться в сознании курсанта, ибо мир один, а способы познания его разные и зависят от уровня сознания и типа мышления курсанта. Поэтому необходима разработка новых методов образования.

Был определен первый шаг перехода к новым методикам образования:

Первый шаг: помочь курсанту уйти от фиксации мысленного потока в настоящем времени, т.е. уйти от упрямства, которое нарушает гибкость мышления при выборе оптимального решения (с точки зрения нейропсихологии происходит нарушение механизма пластичности мозга).

Второй шаг: исключить фиксацию мысленного потока, которая происходит за счет старых представлений; это уплотняет мысленный поток, вследствие чего блокируется лимбический мозг, при этом возникает головная боль и искажения в потоке, прерывая процесс мышления.

Третий шаг: состоит в умении преподавателя воспитать в курсантах понимание причинно-следственных связей. С точки зрения нейропсихологии активизируется кровообращение в коре головного мозга, исчезают энергетические блоки в лимбическом мозге, восстанавливается симметрия между полушариями головного мозга. Мыслительный процесс концентрируется в неокортексе, и сознание курсанта заполняется смыслом, теперь он способен к выбору правильного решения в стратегии и тактике действия.

Четвёртый шаг: преподаватель направляет мыслительный процесс курсанта при помощи образов. Сначала определяется абрис задачи, затем ее идея, которая позволит детализировать возникший образ, идея воплощается в мыслеформу целеполага-

ния, целеполагание исключает иллюзию, которая может возникнуть из-за отрицательного эмоционального состояния курсанта. Этот шаг позволяет курсанту правильно выразить словами свою мысль, которая формируется в префронтальной области головного мозга. Здесь преподавателю необходимо обратить внимание на постановку речи курсанта согласно стратегии и тактики его будущих действий.

Пятый шаг: правильное взаимодействие преподавателя с курсантом во время занятий должно быть сконцентрировано на соответствии помыслов служению Родине и сохранению жизни на Земле – экологии сознания, безопасности мышления. Настроившись на принятие высших вибраций, курсант может осознать другие измерения пространства и времени. Низшее сознание интегрируется с высшим, возникает мгновение как энергетический интуитивный импульс, который будет воспринят курсантом как ощущение бесконечности и безграничности, т.е. произойдет расширение сознания. Возникшие вера и интеллект станут базисом нового восприятия реальности, а не действительности.

В процесс перехода преподаватель должен наблюдать преодоление старых воззрений и раскрытие новых потенциалов, руководствуясь методами синтеза знаний, интуитивно структурируя курсанта на приобретение им недостающих знаний.

Для планового перехода курсанта на более высокий уровень сознания ему необходимо трансформировать информационно-оперативный интеллект в интуитивный интеллект посредством разработанных методов формирования образного мышления. Это позволит произвести главную работу преобразования сознания за счёт интуитивной логики.

Интуитивная логика, присущая интегральной личности, позволит освободить личность от ложной уверенности в правоте своего мышления, разделенности и раздробленности мыслительного потока из-за его фиксации в результате страха, упрямства и сомнения.

Интегрированная личность через целеполагание и умение образно мыслить при помощи формы, явления и действия принимает пространство и время как единое целое, что позволит ей развить интуитивный интеллект [4, с. 75]. Такое вновь наработанное качество курсанта приведёт к пониманию эволюционности условного мира – действительности и принять реальность для восприятия единства времени и пространства.

При расширении сознания курсант-интуит встречается препятствия, он не может вербально описать новый мир, но способен символически принять идею не как форму, явление, а как стратегическое действие, как единственно правильный выбор. При этом он понимает, что искаженное слово создаст энергию, не соответствующую возникшей мысли и отражению её смысла. Он принимает слово как могучее орудие приказа для познания и единственное средство для предохранения от заблуждения, сомнения и страха. Приобретенный интуитивный интеллект курсанта позволит принять слово как ключ для успешных взаимодействий с преподавателем и взаимоотношений с курсантом. Он учится владеть собой, а значит словом, уметь думать, понимания личность, индивидуальность и интуита [1, с. 36].

Для интуита характерно, что:

- время существует пространственно;
- следствия существуют одновременно с причинами;
- прошедшее, настоящее и будущее соприкасаются;
- пространство и время смыкаются;
- энергетические вихри существуют;
- все бесконечно в потоках;
- весь мир вне логики;
- весь мир вмещает единство противоположностей;
- истина в реальности;
- форма, материя проявляется в действительности.

Интуитивный интеллект курсанта, мотивированный преподавателем на принятие стратегического решения, способен не только мыслить, говорить, но и рассуждать для отдачи приказа. Умение думать для будущего командира – это значит научить его проникать в суть вещей через понимание смыслов.



Курсант с приобретенным интуитивным интеллектом способен:

- выйти за пределы понимания трехмерного мира за счет методов абсурдного и креативного мышления, выдать гениальную идею-решение;
- достичь состояния уединения, чтобы остановить на время свои мысли и желания;
- достичь спокойствия ума и пассивного восприятия;
- достичь отвлеченного мышления, перекрыв внешние чувства и ложное воображение;
- удержаться от мысли о себе и о своих желаниях;
- принять как знак внешние события;
- достичь отсутствия самопроизвольности в действиях;
- исключить случайности;
- принять все, что происходит.

**Вывод.** Принятие образовательного процесса с помощью интуитивного интеллекта, основанного на синтезе знаний, есть цель высшего образования. Курсант с оперативно-информационным интеллектом и логическим мышлением не сможет познать мир высшего сознания, поэтому ему необходимо новое орудие мысли – творчество, интуиция, созерцание.

Так как интеллект является активной стороной сознания, то развивая интуитивный ум в учебном процессе, преподаватель сможет воспитать в курсантах высший интеллект, не ограниченный человеческими понятиями. Поэтому преподавателю необходимо изменять точку зрения на быстро развивающийся современный мир, воспитывая в себе позитивное мышление, а к курсанту – уважение, что существенно расширит его познавательные способности в раскрытии учебного материала на основе перспективности методов синтеза знаний, позволяющих овладеть стратегией и тактикой при решении профессиональных задач.

#### Список литературы:

1. Энсис Е.И., Колесников В.П., Терехов В.В. Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний: монография. – Краснодар : ККБАУЛ, 2020. – 194 с.
2. Гуссерль Э. Собрание сочинений // Фенология внутреннего сознания времени. – М. : Изд-во «Гнозис», РИГ «ЛОГОС», 1994. – Т. 1. – 177 с.
3. Шепцев М.В. Информационная модель памяти. – СПб., 2005. – 278 с.
4. Иванова А.Ю. Психология личности. – СПб. : Изд-во СПб университета, 2018. – 260 с.
5. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
6. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
7. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метадаанных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
8. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
9. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
10. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
11. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
12. Грошев Р.В. Подготовка военных кадров во второй половине XX века // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 3 (3). – С. 25–33.

13. Грошев Р.В. Периодизация военного образования отечественных военно-воздушных сил // Военно-исторический журнал. – 2018. – № 11. – С. 50–56.
14. Лукашенко Д.В., Грошев Р.В. На пороге прорыва: проблемы и векторы развития образовательных систем // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2018. – № 9. – С. 6–10.
15. Грошев Р.В. Организационно-педагогические условия развития отечественной системы образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 2 (6). – С. 117–121.
16. Грошев Р.В., Парфенов М.В. Эволюция органов управления военным образованием // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 3 (7). – С. 14–18.
17. Грошев Р.В., Лютов Д.И. Изменения в порядке организации и осуществления образовательной деятельности по программам высшего образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 4 (8). – С. 167–170.
18. Грошев Р.В. Военно-образовательная политика СССР второй половины XX века в контексте подготовки летных кадров // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 2 (2). – С. 91–97.

УДК 378:001.891

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДБОРА МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ  
ИНОСТРАННЫХ КУРСАНТОВ НА ОСНОВЕ  
МЕНТАЛЬНО-ЛИЧНОСТНОГО ПОДХОДА**



**TEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE TEACHING METHODS SELECTION  
FOR FOREIGN CADETS ON THE BASIS  
OF A MENTAL AND PERSONAL APPROACH**

**Паленый А.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
dr.paleniy@yandex.ru

**Паленая А.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
dr.paleniy@yandex.ru

**Короткевич А.А.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
aleksei\_korotkevich@mail.ru

**Аннотация.** В статье проведен анализ методов обучения дисциплинам физико-технического направления иностранных курсантов. В ходе анализа предложен подбор методов обучения на основе ментально-личностного подхода, учитывающий ментальность этноса и обеспечивающий более высокие результаты учебной деятельности. Используя пространственно-временную информационную модель памяти построен алгоритм восприятия визуальной информации обучающихся с «незападным» менталитетом на примере электронного учебного пособия.

**Ключевые слова:** методы обучения, ментальность, физико-техническое направление, ментально-личностный подход, пространственно-временная информационная модель памяти, электронное учебное пособие.

**Paleniy A.B.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
dr.paleniy@yandex.ru

**Palenaiy A.B.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
dr.paleniy@yandex.ru

**Korotkevich A.A.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
aleksei\_korotkevich@mail.ru

**Annotation.** The article analyzes the methods of teaching Physics and Technology to foreign cadets. In the course of analysis, a selection of teaching methods based on a mental and personal approach was proposed, taking into account the mentality of the ethnic group and providing higher results of educational activity. Using a space-time informational memory model, an algorithm for the perception of visual information of students with a non-Western mentality is created on the example of an electronic textbook.

**Keywords:** methods of teaching, Physics and Technology, mental and personal approach, space-time informational memory model, electronic textbook.

**И** зучение дисциплин физико-технического направления иностранными военными специалистами направлено на приобретение твердых знаний в тех областях, где знания применяются на практике в учебных или профессиональных целях.

Знания формируются до уровня умений, но способ их подачи имеет отличную специфику для представителей каждой из стран. Следовательно, организация подготовки иностранцев в военном вузе требует теоретического обоснования подбора методов в обучении иностранцев с учетом менталитета этноса.

Для выбора эффективных методов обучения дисциплинам физико-технического направления рассмотрим некоторые классификации дидактических методов.

Методы обучения (по логике раскрытия сущности изучаемого) можно разделить на индуктивные и дедуктивные [1, с. 156]. В первом случае изложение нового материала ведется от частного к общему, что подразумевает возможность инициации самостоятельной работы обучаемых на основе использования их знаний и опыта. Дедуктивные методы больше подходят для повышения квалификации, когда обучаемые хорошо владеют основами и должны научиться их использовать в частных случаях. Таким образом, если базовая подготовка иностранных курсантов по физико-техническому направлению достаточная (что встречается крайне редко), то можно представить им необходимый материал в обобщенном и систематизированном виде.

Методы обучения также делят на репродуктивные (пассивные), продуктивные (активные) и интерактивные [2, с. 189; 3, с. 224]. Все указанные виды необходимо использовать в подготовке иностранных военных специалистов:

- репродуктивные – работа с тренажерами, упражнения, работа по инструкции и т.п.,
- продуктивные или активные – основа современного учебного процесса (в т.ч. согласно ФГОС), обеспечивают вовлеченность, активность обучаемых в познании и освоении компетенций (проблемный, диалоговый, и пр.);
- интерактивные (обучение во взаимодействии с субъектами образования или интерактивными учебными средствами – работа в группах, кейс-стади, с использованием ЭОР и пр.) также отвечают требованиям стандарта, обеспечивая формирование профессионально важных качеств путем интеграции учебной, профессиональной и исследовательской деятельности.

Проблемный метод – проблемное объяснение, эвристическая беседа – при изучении иностранными обучающимися дисциплин физико-технического направления можно использовать при условиях их достаточного уровня подготовки по школьному курсу и при отсутствии языкового барьера. Интерактивность с помощью ЭОР использовать проще, поскольку все учащиеся свободно владеют персональным компьютером.

Методы с высокой познавательной активностью, такие, как эвристические, исследовательские, в основе которых лежит творческий подход, эффективно можно использовать лишь при работе с подготовленной частью обучаемых или ближе к окончанию подготовки [3, с. 278].

В обучении иностранных военных необходимо учитывать не только динамику развития мыслительных операций, уровень подготовки, степень активности и самостоятельности, но и особенности восприятия, понимания, связанные с национальной средой воспитания человека.

Обучение курсантов с слабой языковой подготовкой обусловлено сложностями коммуникативного характера, которые затрудняют общение обучаемых, в первую очередь преподаватель-обучаемый. Ограничивают или даже исключают значительную часть методов в ходе обучения. Для передачи даже плохо понимаемой обучаемыми информации, необходимо опираться на индуктивный подход (методы), репродуктивные и интерактивные методы, отбираемые с учетом этнических особенностей подготовки. Но выбор метода зависит от ряда факторов.

На наш взгляд, проблему подбора методов обучения возможно решить при использовании ментально-личностного подхода. В пользу этого выступают многолетний опыт авторов и результаты наблюдений за обучаемыми.

Ментально-личностный подход в обучении строится на понятии ментальности (стиля мышления) обучаемого и реализуется в соответствии с особенностями личности определенного этноса. Ментально-личностный подход предполагает комплексное использование метода обучения и электронного учебного пособия ориентированных на особенности менталитета обучаемых.

Для более глубокого понимания сути ментально-личностного обучения обратимся к научным исследованиям по кросс-культуре (Д. Мацумото, Б. Асмолов, В. Мясников) и когнитивным стилям (Б. Лу Ливер). В своих работах они разделяют подходы к обучению в соответствии с менталитетом на «западный» и «незападный». Приведем некоторые характеристики обоих подходов.

«Западный» подход характеризуется доминантой словесно-аудиального и визуального стиля, нет зависимости от контекста. Опирается на абстрактный и дедуктивный тип мышления, наличие аналитичности, импульсивности с восприятием информации в быстром темпе. Изучение новой информации сопрягается с частой сменой деятельности и работой в группе. Имеется преобладание абстрактного типа мышления, ценностей индивидуализации, концентрации на различиях, контрастах. Контроль преимущественно в виде тестовых заданий. Обучаемый – центр процесса образования, обучающий – сопровождающее лицо [4, с. 18; 5, с. 93].

Для «незападного» подхода характерна доминанта аудиального и кинестетического стиля, при анализе – склонность выделения общих черт, зависимость от контек-

ста, стремление к осознанию полной картины происходящего, синтетичности, высокая роль интуиции, образная манера построения своих мыслей, эффективно сосредоточение на одной деятельности. Обучающий организует и ведет учебный процесс, обучаемый – копирует и моделирует под себя полученную информацию [4, с. 18; 5, с. 93].

Следуя специфике национальной когнитивной и образовательной деятельности, можно осуществить выбор эффективных методов обучения иностранных военных специалистов.

По нашему мнению, в культурах коллективистского типа («незападные») будет преобладать информационно-рецептивный и репродуктивный метод обучения, которые предлагают стандартные наборы «шаблонов». В культурах индивидуалистского типа («западные») возможны организация активной и интерактивной деятельности обучаемых, использование эвристического и проблемно-поискового методов.

Для подтверждения нашего предположения проанализируем порядок усвоения информации предлагаемой к изучению обучаемым «незападного» менталитета информационно-рецептивным и репродуктивными методами. За основу анализа используем пространственно-временную информационную модель памяти описанную Н.И. Паком [6, с. 49].

Информационно-рецептивный и репродуктивный методы предполагают использование характерных для «незападного» подхода доминанты аудиального и кинестетического стиля. Следовательно, восприятие информации получаемой рецептивным и репродуктивным методами основано на образах формируемых в чувственной зоне памяти, которая усиливается кинестетическими ощущениями обучаемого.

Представители «незападной» формы ментальности согласно характеристике – аудиалисты, они более склонны к восприятию чувственных образов. Речевая информация ярко выражает чувственную составляющую, следовательно аудиальное восприятие информации наиболее удобный способ передачи учебной информации. Ретрансляция учебной информации на родном языке, еще более эффективна, поскольку вызывает сформированные и запомненные ранее образы ассоциативного ряда памяти, не формируя новых цепочек связи и новых образов на неродном языке, что экономит время и психические ресурсы обучаемых [7, с. 74].

Интуиция для получения информации рецептивным и репродуктивным методами представителями «незападной» ментальности, является важной составляющей в общей картине мировосприятия. Развитие чувственной зоны памяти быстро формируют мысли путем создания цепочек-связей с готовыми образами в древе памяти на основе готовых ассоциаций, которые тоже запоминаются. В результате, когда возникает ассоциативное знакомое ощущение, тот час формируется готовый образ [6, с. 49]. Развитая интуиция удачно дополняется к пониманию мира через прикосновения (кинестетика). Выполняя практические задания, представители «незападной» ментальности дополняют полученные знания аудиальным и визуальным путем при помощи ощущений и интуитивной догадки.

Таким способом формируем наглядно-чувственные образы с дальнейшей целью преобразовать их в информационные модели. Информационные модели можно представить как ментальные карты предлагаемой информации. На понятийном этапе восприятия материала используется текстовая содержательная часть.

Мы рассмотрели принцип восприятия и запоминания информации обучающихся с «незападным» менталитетом, которую они получают информационно-рецептивным и репродуктивными методами. Указанные методы подразумевают применение интерактивных средств обучения, т.е. параллельное использование приемов интерактивного метода. Необходимо выявить особенности применения интерактивных средств обучения. Для этого используя пространственно-временную информационную модель памяти построим алгоритм восприятия визуальной информации обучающихся с «незападным» менталитетом.

Рассмотрим алгоритм восприятия информации на примере электронного учебного пособия «Профессиональная безопасность инженерно-технического состава ВВС». Оно ориентировано на обучаемых из Лаосской Народной Демократической Республики и создано с учетом «незападной» ментальности читателей. Электронное учеб-

ное пособие снабжено аудиовставками на лаосском языке, где транслируются наиболее сложные для понимания фрагменты изучаемого материала. Первые главы знакомят читателей с опасностями среды обитания человека. Рассматриваются все виды угроз, начиная от опасностей природного характера. В изучаемом материале представлена яркая видео и фото информация, объемно характеризующая изучаемые явления. Таким способом формируем наглядно-чувственные образы с дальнейшей целью преобразовать их в информационные модели. Информационные модели – это ментальные карты предлагаемой информации. На понятийном этапе восприятия материала используется текстовая содержательная часть.

Во второй части электронного учебного пособия изучается принцип работы ИТС при возникновении различных чрезвычайных ситуаций на аэродроме. Опасное явление, возникшее в расположении авиационной части изучается как физическое явление, для устранения которого необходимо иметь знания из ряда дисциплин физико-технического направления науки. В конце глав существуют ситуационные задачи, алгоритм решения которых учащиеся находят в тексте. Таким образом, достигаем практико-направленной проблемности изучаемого материала. И поскольку, обучаемым из ЛНДР характерно стремление к осознанию полной картины происходящего и синтетичности, то практическое решение ситуационной задачи просто необходимо для полного уяснения теоретической части материала.

Использование аудио фрагментов на лаосском языке позволяет аудиалистам проще усваивать сложные для понимания категории изучаемого материала за короткий период времени. Лаосский язык обладает меньшим числом технических терминов значит количество зафиксированных образов в древе структурной памяти меньше, чем в информации предложенной к изучению на языке обучения (русском). Следовательно, обучаемый должен выстроить цепочку, связывающую существующий образ, с каким-то звуком в речевой информации на иностранном языке и связать звук с образом посредством цепочки-связи. Но это сложный процесс. Для экономии психических ресурсов обучаемых и времени на понимание сложного текста, вставляем перевод иностранной информации на родной язык, где объясняется суть сложного явления. Почему используется звуковой режим родного языка, а не яркая картинка-образ из электронного учебного пособия? По средствам родного языка мы вызываем сформированный образ, не формируя ничего нового, а при использовании картинки будем вновь формировать образ и цепочки связи, что отнимает время и психические ресурсы обучаемых [2, с. 191].

В третьей части электронного учебного пособия рассматриваются вопросы оказания первой доврачебной помощи пострадавшим при чрезвычайной ситуации. Для формирования наглядно-чувственных образов используем видео фрагменты оказания первой медицинской помощи с четкой алгоритмизацией процесса. Видеоматериалы должны способствовать формированию более качественной информации для запоминания путем ее более глубокого понимания. Наглядно-образная информация задействует оперативную, произвольную и образную память, чем уменьшает время усвоения и понимание информации. Сформированная модель поведения, через представленные ментальные карты, дополняется текстовыми объяснениями снабженными гиперссылками, которые разворачивают сообщение в глубину. Таким образом, формируется проблемная часть учебного материала для того, чтобы читатель непрерывно конструировал способы решения ситуационных задач, возникающих по ходу текста и находил ответы в текстовом сообщении. Проблемность несет в себе практико-ориентированную составляющую, которая решается в практическом виде.

Поскольку обучаемые из ЛНДР кинестетики и обладают стремлением к полной картине происходящего на фоне сосредоточенности на одной деятельности, то для полного усвоения учебного материала важно использовать практические действия, которые можно отработать на тренажере «Максим-3». Это тренажер для тренировки реанимационных действий – непрямого массажа сердца с искусственным дыханием. Таким образом, мы можем завершить полный цикл восприятия учебного материала построенного на основе механизма мышления и структуры памяти человека.

Рассматривая механизм мышления в контексте этнической ментальности, мы теоретически обосновали подбор методов в обучении иностранцев на основе менталь-

но-личностного подхода. В ходе обоснования выявили некую зависимость для обучаемых с «незападным» типом менталитета, между качеством восприятия учебной информации и способами ее изложения информационно-рецептивным и репродуктивным методами в комплексе с электронным учебным пособием. Анализ механизма мышления помог сделать предположение, о связи порядка расположения в учебном пособии видео, фото информации, текстовых сообщений и гиперссылок к ним с качеством восприятия учебной информации этносом «незападного» типа мышления.

**Список литературы:**

1. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. – М. : Наука, 1981. – 277 с.
2. Зеер Э.Ф., Заводчиков Д.П. Инновации в профессиональном образовании: науч.-метод. Пособие. – Екатеринбург : ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2007. – 215 с.
3. Сковородкина И.З., Герасимов С.А. Общая и профессиональная педагогика: учебник. – Архангельск : ИД САФУ, 2014. – 553 с.
4. Цзинь Ли. Культурные основы обучения: Восток и Запад // Пер. с англ. А. Апполонова, Т. Котельниковой. – 2-е изд. – М. : Издательский дом НИУ ВШЭ, 2017. – 461 с.
5. Мацумото Д. Психология и культура. – М. : Олма-Пресс, 2002. – 274 с.
6. Пак Н.И. Пространственно-временная информационная модель памяти // Материалы I Междунар. науч.-практ. конф. «Фундаментальные науки и образование» (Бийск, 29 января–1 февраля 2012 г.). – С. 48–53.
7. Шаталов В.Ф. Точка опоры: Об экспериментальной методике преподавания. – М. : Педагогика, 1987. – 158 с.

УДК 355.4

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ВОЗДУШНОГО ФЛОТА РОССИИ  
В ПЕРИОД ПЕРВОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ**



**FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN AIR FORCE  
DURING THE FIRST WORLD WAR**

**Медведев В.И.**

кандидат исторических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mil.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы особенности построения и развития системы управления воздушным флотом России в период Первой мировой войны. Автором проведен анализ формирования органов военного управления военной авиации в период Первой мировой войны.

**Ключевые слова:** летательный аппарат, авиационная техника, военно-воздушный флот, авиационное дело, фронт, авиационное имущество, авиадивизион, заведующий авиацией, авиаотряд, управление.

**Medvedev V.I.**

PhD in Historical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mil.ru

**Annotation.** The article analyzes the features of the construction and development of the Russian Air management system during the First world War. The author analyzes the formation of military aviation command and control bodies during the First World War.

**Keywords:** aircraft, aviation equipment, air force, aviation business, front, aviation assets, aviation division, head of aviation, squadron, management.

**В**ступление человечества в начале XXI века в эпоху информационных войн требует усиления внимания государственных органов России к формированию у населения страны устойчивого патриотического мировоззрения, которое является духовной основой для противодействия деструктивному иностранному влиянию, направленному на разрушение российской государственности и морально-психологическое ослабление Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ).

Проводимая в настоящее время в Вооруженных Силах Российской Федерации работа по противодействию попыткам фальсификации и искажения истории в ущерб интересам России требует выявления и обобщения военно-исторического опыта, в том числе и опыта организационного строительства отечественных Военно-воздушных сил (ВВС) с момента их зарождения (1910 г.).

Во время Первой мировой войны управление военной авиации было разделено на две части. Авиация действующей армии управлялась Авиационной канцелярией (Авиаканцем), а авиация тыла, в которую входили система подготовки авиационных кадров, а также наблюдение за производством, снабжение, хранение авиатехники, находились сначала в ведении главного военно-технического управления (ГВТУ), а с мая 1916 г. – в ведении Управления военно-воздушного флота (ВВФ) (Увофлота). Между полевыми и тыловыми органами управления взаимоотношения не были определены.

«Положение о полевом управлении войск», изданное накануне войны, не содержало какой-либо информации об управлении авиацией на театре военных действий. Маневры же, проведенные до войны с участием авиации, и лекции, прочитанные авиаторами в офицерских собраниях, не успели сформировать устойчивый стереотип в сознании командно-штабного состава о тактике использования авиации в современной войне [1].

Поэтому «для упорядочения авиационного дела» были введены две специальные должности заведующих организацией авиационного дела на Северо-Западном (СЗФ) и Юго-Западном фронтах (ЮЗФ). На СЗФ ее стал исполнять генерал А.В. Каульбарс, а на ЮЗФ – Великий князь Александр Михайлович (при главенстве последнего в масштабе всей авиации действующей армии).

Авиаотряды, рассредоточенные по всему фронту, подчинялись в строевом и оперативном отношениях штабам армий, корпусов и крепостей. Поэтому на Заведующих организацией авиационного дела легли вспомогательные управленческие функции. Однако Александр Михайлович, вступив в должность, стал наращивать свои полномочия.



Во-первых, с началом войны многие корпусные отряды оказались в распоряжении армий. К примеру, 20-й корпусной отряд прибыл на восьмой день войны в г. Люблин, а 20-й корпус выдвинулся в это время на запад в соответствии с новыми планами Ставки, и поэтому авиаотряд распоряжением командующего 4-й армией был придан армейскому штабу [2].

Во-вторых, уменьшение количества исправной авиатехники объективно требовало объединения авиаотрядов. На СЗФ оно осуществлялось организованно согласно приказу Главнокомандующего армиями СЗФ от 11 сентября 1914 г. № 4. На ЮЗФ этот процесс шел стихийно.

В результате к осени 1914 г. во фронтовых и армейских звеньях руководство авиацией было представлено заведующими авиацией фронтов и в определенной степени – командирами сводных армейских авиационных групп. Кроме того, в Ставке в сентябре 1914 г. была введена должность штаб-офицера для делопроизводства и поручений по авиации, которую стал исполнять начальник воздухоплавательного отделения ГВТУ подполковник С.А. Немченко.

В связи с начавшимися в октябре 1914 г. боевыми действиями на Кавказе для эффективного применения авиации на этом театре военных действий (ТВД) приказом Верховного Главнокомандующего (ВГК) от 5 января 1915 г. № 4 была введена должность Заведующего организацией авиационного дела в Кавказской армии и расширены полномочия Александра Михайловича. Теперь он, находясь в подчинении ГК армиями ЮЗФ, должен был руководить деятельностью не только Заведующего авиацией СЗФ, но и Заведующего авиацией Кавказской армии. Вскоре несколько изменилось и название должности Великого князя: с 10 февраля 1915 г. он – Заведующий организацией авиационного дела в действующей армии с формальным подчинением начальнику штаба (НШ) ВГК [3].

Незадолго перед этим, 31 января 1915 г., Александр Михайлович добился командирования генерала А.В. Каульбарса во Францию и Англию под предлогом выяснения за границей ряда вопросов, касавшихся дальнейшего организационного строительства авиации в условиях войны. После его отъезда Великий князь стал полностью контролировать авиационное дело и на СЗФ [4].

Усилению власти Александра Михайловича способствовала также смена Верховных Главнокомандующих, произошедшая в августе 1915 г. Николай II, став во главе действующей армии, особым повелением поручил Великому князю заведовать и тылом авиации. Исходя из этого, Александр Михайлович в августе 1915 г. обратился к НШ ВГК с запиской следующего содержания: «В виду поручения мне наблюдения за снабжением отрядов аппаратами и другим авиационным имуществом, руководства работой авиационных школ, широкого развития авиационных рот, а также увеличения числа авиационных частей (в начале войны их было 30, воздухоплавательных рот – 14, ныне – 49, будет к 1 января – 60, к 1 сентября – 83, воздухоплавательных рот – 27): нынешнее название должности, как не соответствующее уже действующей компетенции и могущее породить недоразумения, желательно заменить другим: «Заведующий авиацией и воздухоплаванием в действующей армии».

В 1915 г. авиаотряды подчинялись войсковым начальникам в оперативном и строевом отношении, а по специальным вопросам – командирам авиарот. Прерогатива назначения командного состава авиачастей, находящихся на ТВД, а также распределения авиатехники неизменно принадлежала Великому князю [5].

Управление авиацией на фронте осуществлялось в директивной форме. Обратная связь, необходимая для функционирования любой системы управления, действовала следующим образом: отряды должны были подавать полумесячные и месячные сведения под общим названием: «О личном составе, аппаратах, деятельности и заслуживающих особого внимания случаях жизни». Каждый полет записывался в журнал полетов, формуляр самолета, в недельную, полумесячную и месячную ведомость, в журнал военных действий и в донесение, пересылаемое в выше стоящий штаб по принадлежности. К недельным ведомостям прилагались нарисованные на кальке разноцветной тушью маршруты полетов; в месячные отчеты входили вопросы о состоянии материальной части, личного состава.

В связи с возрастанием значения ВВФ в войне, Заведующий авиацией обратился к Николаю II с письмом, в котором отмечалось, что к началу 1916 г. офицеры, переведенные в авиацию из пехоты, артиллерии и кавалерии, считались прикомандированными к авиаотрядам и в отличие от офицеров – выходцев из инженерных войск, не имели права на перевод в авиароты и другие учреждения на вышестоящие должности. Далее в письме говорилось: «Этого обстоятельства, казалось, достаточно для законодательного оформления авиации, как авиационных войск, что уравнило бы положение всех офицеров, проходящих службу в авиации». Великий князь просил также учесть и то, что «авиация, как по специальным условиям службы, так и по весьма важному и серьезному значению ее в армии уже теперь нуждается в выделении ее в особый род войск. Кроме того, установление особых авиационных войск способствовало бы сплочению офицерского состава и развитию в нем чувства товарищества и принадлежности к одной общей семье» [6].

В 1915–1916 гг. шел процесс усложнения организации авиаотрядов, связанный с расширением круга задач, выполняемых самолетами. Вместе с тем росло и число авиаотрядов. Штабы армий все более остро нуждались в органах управления, которые могли бы планировать и координировать действия авиации в масштабе армии. В этом отношении аппарат Заведующего авиацией проделал большую работу по изучению опыта управления авиацией в иностранных армиях. Как следствие, было принято решение сформировать при штабах армий авиационные дивизионы.

Авиадивизион должен был представлять собой отдельную авиачасть, организационная структура которой позволяла бы осуществлять управленческие функции по отношению к авиаотрядам армии [7].

Все отряды, приданные армии, обязывались исполнять указания командира дивизиона. Формирование авиадивизионов при штабах армий шло в 1916 г. достаточно быстро. Этому способствовало и то, что в авиации действующей армии уже имелись командиры авиаотрядов с боевым и управленческим опытом, достаточным для назначения на должности командиров авиадивизионов.

Для налаживания эффективного руководства деятельностью авиачастей в управлении авиацией был составлен ряд руководящих документов (обнаружено 18 документов этого типа, изданных в 1911–1917 гг.). Например, зимой 1916 г. была разработана «Инструкция офицерам, посылаемым Заведующим авиацией в объезд авиачастей».

Наряду с наработкой правовой базы под складывающиеся организационно-управленческие формы авиации действующей армии, в авиачастях активно внедрялся передовой опыт войны, т.е. действовала долговременная обратная связь, заставлявшая адаптировать организацию авиации и управление ею под изменявшиеся формы и способы боевых действий авиации на всем театре войны. Постепенно совершенствовалась работа связи. Для улучшения оперативности и скрытности управления с 9 июля 1916 г. были введены сокращенные названия самолетов [8].

В 1916 г. в целях координации управленческих и организационных действий началось взаимодействие между Авиаканцем и командованиями армиями и фронтами. Сначала оно сводилось к обмену телеграммами. Например, генерал-квартирмейстер 4-й армии 12 июля 1916 г. телеграфировал Александру Михайловичу: «Неприятельские самолеты в составе эскадр от 5 до 17 аппаратов в сопровождении 2–3 быстроходных истребителей весьма часто совершают налеты на станции в районе 4-й армии. При отражении налетов нашими самолетами ввиду их тихоходности и непригодности для нападения, – потери в аппаратах и личном составе будут велики. Всеподданнейше прошу указания, следует ли пользоваться нашими самолетами для отражения налетов и когда можно ожидать прибытия отряда истребителей». На другой день последовал ответ от Заведующего авиацией, в котором указывалось, что «при отражении налетов можно пользоваться только «Моранами» при условии вооружения их хотя бы ружьями Мадсена. Четвертый истребительный отряд формируется в Смоленске. Принимаю меры к скорейшему выступлению отряда» [9].

Анализ работы Управления авиацией (Авиаканца) в 1916 г. показывает, что оно сосредоточивает все большее внимание на разработке документов, регламентирующих все стороны деятельности авиации. Главное место среди них по-прежнему занимает

техническая сторона. Например, приказом НШ ВГК от 21 августа 1916 г. № 1160 были введены «Правила службы радиотелеграфа в авиации». Необходимость иметь на борту средство для корректирования артиллерийской стрельбы вызвала быстрый прогресс авиационного радиотелеграфа [10].

Фактическим признанием авиации в качестве рода сухопутных войск явилось утверждение 23 ноября 1916 г. Верховным Главнокомандующим должности Полевого генерал-инспектора Военного Воздушного флота (ПГИ ВВФ) вместо должности Заведующего авиацией и воздухоплаванием в действующей армии. Согласно «Своду военных постановлений...» должность «генерал-инспектор» была строевой, что свидетельствовало о переходе Александра Михайловича в категорию строевых начальников. Статус генерал-инспектора предполагал наличие в инспектируемых войсках упорядоченных организационно-управленческих форм. По результатам опыта должны были издаваться инструкции, наставления и учебники.

Таким образом, в ноябре 1916 г. появляется первый документ, в котором под авиационными и воздухоплавательными частями (Военным Воздушным флотом) подразумевается новый род сухопутных войск. В это время в военной авиации на фронте и в тылу находились 12 авиадивизионов, 15 армейских, 64 корпусных, 12 истребительных, 3 крепостных отряда и 1 специальный дивизион. Все перечисленные авиационные силы насчитывали 774 самолета.

Для упорядочения управления авиацией во фронтовом звене с октября 1916 г. в качестве эксперимента на Юго-Западном фронте была введена должность инспектора авиации армий фронта (ИААФ). Ее стал замещать военный летчик есаул В.М. Ткачев. Приказом НШ ВГК от 22 ноября 1916 г. № 1626 должности ИААФ были утверждены на всех фронтах. Великий князь настоял, вопреки НШ ВГК, на том, чтобы ИААФ выполняли боевые функции.

Вскоре были также определены обязанности штаб-офицеров для поручений ГШ при Полевом генерал-инспекторе ВВФ и в Управлении генерал-квартирмейстера при Верховном Главнокомандующем. Одновременно было издано Положение об офицерах ГШ, проходивших службу в авиации в качестве летчиков-наблюдателей. В нем определялось, что эти офицеры должны пройти в течение двух месяцев обучение в Военной школе летчиков-наблюдателей.

НШ ВГК одобрил проект реорганизации. Вскоре приказом ВГК от 3 апреля 1917 г. № 70 Управление Полевого генерал-инспектора ВВФ при ВГК преобразовалось в Полевое управление авиации и воздухоплавания (ПУАВ) при штабе Верховного Главнокомандующего, вводились штат и положение об этом управлении [11].

В проведенной реорганизации имел место и субъективизм. Например, в ПУАВ число должностей для замещения воздухоплавателями несколько превышало число авиаторов. В этом сказался тенденциозный подход к формированию ПУАВ со стороны полковника С.А. Немченко – бывшего воздухоплавателя [12].

В качестве замечания необходимо отметить, что в армейском звене управления авиацией летом и осенью 1917 г. отрицательные последствия имело дублирование управленческих функций, введенное в свое время Александром Михайловичем. Из-за этого на практике возникали недоразумения. Так, 25 сентября 1917 г. командир 6-го авиадивизиона писал начальнику ПУАВ В.М. Ткачеву (он был назначен вместо С.А. Ульянина 21 июня 1917 г.), что «штаб-офицер по авиации при штабе армии дублирует функции командира дивизиона, чему способствует приказ командующего 6-й армией от 10 сентября 1917 г. № 495, предоставлявший штаб-офицеру по авиации право сношения с командирами авиаотрядов, минуя авиадивизион».

Импульс к новой перестройке управления авиацией дал Всероссийский авиационный съезд, решения которого поддержал В.М. Ткачев [13].

Летом и осенью 1917 г. работа ПУАВ происходила непосредственно в Ставке в г. Могилеве, что, по мнению В.М. Ткачева, делало ее планомернее и продуктивнее. Начальник ПУАВ отмечал: «Раньше была рассогласованность между Ставкой и Великим князем даже в вопросах организации. Теперь авиация приблизилась к войскам, у Полевого управления авиацией и воздухоплаванием появилась возможность пользования узлом связи Ставки. Планирование боевых действий авиации могло осуществ-

ляться впервые за войну в масштабах всей авиации действующей армии и в соответствии с планами Ставки» [14].

Новые штат ПУАВ и Положение о нем были утверждены приказом ВГК от 24 октября 1917 г. № 796 (за день до Октябрьской революции). По новому штату в ПУАВ находилось в распоряжении не НШ ВГК, а непосредственно – Верховного Главнокомандующего. Оно имело шесть отделений (организационно-оперативное, инспекторское, по сбору и обработке боевого материала, по снабжению и учету имущества, по вооружению и воздушной артиллерии и радиотелеграфное). Сношения ПУАВ с Увофлотом (о нем пойдет речь ниже) осуществлялись через подачу 1 и 15 числа каждого месяца данных о работе действующей авиации.

Серьезный конфликт возник между Заведующим авиацией и Начальником ГВТУ при формировании армейских авиаотрядов. По этому поводу ГУ ГШ через Ставку сообщило Великому князю, что для создания армейской авиации у ГВТУ нет ни летчиков, ни самолетов. Осенью 1914 г. каждый предназначавшийся для армейских авиаотрядов самолет «Вуазен» и двигатель к нему типа «Сальмсон» находились на учете. Кроме того, в отрядах быстро уменьшалось число исправных самолетов, а поставки из-за границы, вследствие блокирования Турцией проливов, почти прекратились. Пытаясь решить проблему с авиадвигателями, Александр Михайлович стал требовать от ГВТУ отмены установки двигателей на четырехмоторные самолеты «Илья Муромец» [15].

В начале 1915 г. Александр Михайлович добился командирования Заведующего авиацией СЗФ А.В. Каульбарса за границу. К маю 1915 г. А.В. Каульбарс возвратился и доложил следующее: «В военное время Авиационные и Воздухоплавательные войска Франции с состоящими при них складами и мастерскими находятся в полном ведении Главнокомандующего, а питательные учреждения, находящиеся внутри государства, подготовляющие личный состав и материальное (инженерное) снабжение, остаются в ведении Начальника Главного Управления Авиацией и Воздухоплаванием, который сам подчиняется исключительно Военному министру и не подчинен Главнокомандующему».

С весны 1916 г. развитие системы управления глубоким авиационным тылом в России пошло именно по приведенному выше «французскому» варианту. Пока же Заведующий авиацией счел необходимым обратиться с авиационными проблемами к ВГК. В докладе ему от 14 июля 1915 г. Александр Михайлович предложил:

- 1) Реформировать дело приемки путем введения взаимодействия представителей Военного министерства с авиационными органами в армии.
- 2) Установить наблюдение за работами на заводах в формах, гарантирующих правильность и быстроту выполнения заказов.
- 3) Покупки за границей возложить на доверенное лицо, знакомое не только с техникой дела, но и с требованиями, выдвинутыми опытом войны, снабдив это лицо широкими полномочиями».

На это ВГК (Николай II) 26 августа 1915 г. повелел следующее: «В целях полного согласования дела снабжения авиационных и воздухоплавательных частей с интересами армии предоставить Августейшему Заведующему организацией авиационного дела в действующей армии право давать руководящие указания по вопросам (...) заказов и приема [авиа] имущества».

1 сентября 1915 г., последовало «высочайшее соизволение на командирование во Францию для заготовления авиационного и воздухоплавательного имущества комиссии в составе: председателя комиссии начальника Военной авиационной школы, военного летчика полковника Ульянина».

Через полтора месяца по указанию Великого князя Начальник ГВТУ провел 15 октября 1915 г. решение о создании Авиационной приемной комиссии, которая должна была наблюдать за производством авиатехники, производить ее испытания и приемку:

- 1) согласно «Положению о приемной комиссии» подбор для нее личного состава осуществлял сам Заведующий авиацией. В комиссию вошли 11 офицеров, два чиновника и все офицеры, прикомандированные к заводам. Приемная комиссия была введена в действие приказом Военного министра от 7 ноября 1915 г. № 598;
- 2) таким образом, управление авиационным тылом все более совершенствовалось.

Созванные Александром Михайловичем 15 сентября и 21–22 ноября 1915 г. совещания в общих чертах определили план снабжения авиационных частей. На втором из них Заведующий авиацией потребовал от нового начальника ГВТУ генерала Милеанта:

- принятия немедленных мер к подъему производительности авиа-заводов;
- заказа на моторостроительных заводах максимального количества моторов;
- заказа остальных потребных моторов за границей;
- принятия мер к строительству в России завода высокосортных сталей;
- принятия мер к организации в России производства материалов, необходимых для развития самолето- и моторостроения.

Увеличение числа германских и австро-венгерских самолетов на Русском фронте в 1916 г. потребовало от командования Российской армии ответных мер.

«Проект новой организации авиационных частей», принятый Управлением авиации на период с 1 сентября 1915 г. по 1 сентября 1916 г., был изменен, а именно: к вышеуказанному сроку планировалось иметь 92 авиаотряда, 7 авиарот, 20 экипажей воздушных кораблей, 3 боевых отряда воздушных кораблей и 12 дивизионов. Весной 1916 г. выяснилось, что обстановка требует формирования дополнительно 12 истребительных авиаотрядов, оснащения самолетов пулеметами, аэрофотоаппаратурой, а также снабжения всех отрядов многочисленными предметами авиаимущества, номенклатура которого уже превысила 300 наименований.

Направляя дело в практическую плоскость, Заведующий авиацией в марте 1916 г. представил ВГК записку, в которой обосновывал необходимость выделения всего авиационно-воздухоплавательного дела в ведение особого самостоятельного Управления Военного министерства. Получив одобрение Николая II, Александр Михайлович рекомендовал ГУ ГШ провести данный вопрос через Военный совет.

В записке, направленной Заведующим авиацией Николаю II, перечислялись, в частности, следующие задачи планируемого к созданию Управления:

- боевое применение летательных аппаратов;
- комплектование личным составом авиачастей;
- разработка положений по службе личного состава авиачастей.

В представлении же, адресованном в Военный совет, была указана главная задача Управления: «Ближайшая забота об установлении заново производства различных предметов авиационного и воздухоплавательного снабжения (моторов, подшипников, свечей), при техническом и организационном содействии военного ведомства». Таким образом, формирование Управления Военного Воздушного флота (УВВФ, или Увофлота) должно было стать важным вкладом в дело создания независимой от импорта отечественной авиационной промышленности.

В мае 1916 г. Управление ВВФ было создано. В это время положение Российского правительства было достаточно устойчивым. Поэтому для рвущихся к контролю над армией Председателя Госдумы М.В. Родзянко и других ее членов Управление ВВФ представлялось учреждением, через которое можно умалить роль Александра Михайловича в руководстве авиацией. Ведь в Положении об Управлении говорилось: «Общее направление деятельности Управления Военного Воздушного флота возлагается на Августейшего заведующего авиацией и воздухоплаванием в действующей армии».

Главным направлением работы УВВФ было поднятие в стране уровня производства авиаимущества. Следует отметить, что в программе Военного министерства, предложенной генералом А.А. Маниковским осенью 1916 г., под названием: «Боевое снабжение русской армии», ничего об этом не говорилось. Тем не менее, несмотря на слабое внимание к нуждам авиации со стороны Военного министерства, Увофлот с 17 мая 1916 г. по 1 января 1917 г. принял 952 аэроплана и 447 моторов, а с 1 июня 1916 г. по 23 декабря 1916 г. выслал в авиачасти 1178 аэропланов без двигателей и 1167 двигателей.

Для обслуживания авиапромышленности появилась необходимость создания в дополнение к Главному аэродрому научно-исследовательских организаций. С этой целью с 11 сентября 1916 г. на военные нужды стало работать Расчетноиспытательное бюро при Аэродинамической лаборатории МТУ под руководством Н.Е. Жуковского. Управление ВВФ использовало также Центральную научно-техническую лабораторию, Институт инженеров путей сообщения, Петроградский политехнический институт и другие

учебные заведения. «Для производства испытаний как аппаратов, так и изобретений» на местах при УВВФ 2 октября 1916 г. была учреждена «Подвижная комиссия». В связи со сложностями отгрузки имущества, прибывающего из-за границы, 3 октября 1916 г. по представлению УВВФ была учреждена Комиссия по переотправке авиационных грузов из Архангельского порта. На 1917 г. по Программе Увофлота было намечено формирование новых авиачастей и восполнение убыли личного состава и авиатехники.

Один из авторов Программы отмечал, что в ней «совершенно не затронут вопрос об организации управления и тыла, которые, несомненно, значительно усложнятся и увеличатся и потребуют создания целого ряда управлений, парков, баз, складов и прочих вспомогательных учреждений и заведений, не говоря уже о необходимости создания новых школ и широчайшего развития авиационной промышленности и вообще глубокого тыла авиации». Действительно, в январе 1917 г.

Увофлоту потребовалось новые отделения: школьное и по заводскому хозяйству. В начале 1917 г. было принято новое Положение об Увофлоте. В нем новый начальник Увофлота Д.В. Яковлев самопроизвольно называет Управление ВВФ «Главным», однако название не было утверждено ни Военным советом и Николаем II.

К политическому кризису, вызванному Февральской революцией и войной, весной 1917 г. присовокупился экономический кризис. Организационные меры, предпринимаемые Увофлотом, не приводили к замедлению начавшегося в марте падения производства авиатехники. Заверения союзников об увеличении ее поставок в Россию не подтверждались на практике. Более того, самолеты и авиамоторы из-за границы стали поступать все в меньших объемах. Однако Управление ВВФ и в 1917 г. провело в жизнь ряд важных мероприятий:

- перевело с 3 апреля Аэрофотопарк в полное подчинение Увофлоту;
- создало 6 апреля Военно-хозяйственную строительную комиссию (ВХСК) для руководства строительством Военной школы воздушного боя;
- создало 13 апреля дополнительно две ВХСК, одну – для строительства «казенных» аэропланного и моторного заводов, а другую – для строительства завода измерительных инструментов и авиационного склада в г. Херсоне;
- расширило 13 апреля штат Комиссии по переотправке из портов северных морей авиационного и воздухоплавательного имущества;
- реформировало с 1 июня Петроградский и Московский авиасклады в парки-склады и переименовало планирующийся к формированию Симферопольский склад в Южный авиапарк-склад;
- ввело в свой штат с 15 июня Техническую инспекцию;
- увеличило с 18 июня штат Аэрофотографического парка.

Важную роль в управлении авиацией играла Техническая инспекция в составе 25 человек. Она должна была контролировать по техническим вопросам фронтные авиачасти. Через нее тыловое Управление авиацией во время войны «вторгалось» в деятельность авиации действующей армии.

Достижением Увофлота было увеличение выпуска самолетов в начале 1917 г. до 350 в месяц (в 10 раз больше по сравнению с 1914 г.), однако летом авиапроизводство в стране продолжало сокращаться. Это нашло отражение в резолюции Авиасъезда: «В деле снабжения аппаратами, моторами и материалами нежизненность программы заказов, как на русском, так и заграничном рынках, полная неорганизованность отечественной авиапромышленности, в особенности моторной, недостаточное наблюдение за заказами».

В августе–сентябре 1917 г. Управление ВВФ делает попытку увеличить свои штаты и получить официально статус Главного управления. Объективно это было не ко времени: авиация – в критическом состоянии, в авиационной промышленности – спад, а Увофлот заботится об увеличении своего штата. Сопровождаемое Временным правительством, проведенное 01 сентября 1917 г., в том числе и по этому вопросу, рекомендовало УВВФ доработать предложения о Главном Управлении в плане подчинения Увофлоту гидроавиации. Вскоре Временному правительству был направлен новый доклад о Главном УВВФ, однако он так и остался не рассмотренным до Октябрьской революции. В ноябре 1917 г. Увофлот, как тыловой орган авиации, стал выполнять поручения Советской власти по сохранению авиационного имущества, находящегося в тылу.

Таким образом, стратегия организационного развития системы управления ВВФ реализовывалась путем создания и расширения подсистемы управления авиацией действующей армии во главе с ПУАВ (Авиаканцем) и подсистемы управления глубоким авиационным тылом во главе с Управлением ВВФ (Увофлотом).

**Список литературы:**

1. РГВИА. – Ф. 802. – Оп. 3. – Д. 1081. – Л. 62.
2. РГВИА. – Ф. 803. – Оп. 1. – Д. 1753. – Л. 141–142.
3. РГВИА. – Ф. 803. – Оп. 2. – Т. 1. – Д. 296. – Л. 3–4.
4. РГВИА. – Ф. 803. – Оп. 2. – Т. 1. – Д. 296. – Л. 40–41.
5. РГВИА. – Ф. 802. – Оп. 3. – Д. 1126. – Л. 29–30.
6. Общая объяснительная записка к смете Военного министерства на 1913 г. – СПб., 1914. – 40 с.
7. РГВИА. – Ф. 493. – Оп. 2. – Д. 4. – Л. 36; Д. 56. – Л. 98.
8. РГВИА. – Ф. 2000. – Оп. 3. – Т. 3. – Д. 274. – Л. 42–43; Ф. 493. – Оп. 2. – Д. 56. – Л. 99–100; Д. 4. – Л. 36 об.
9. РГВИА. – Ф. 493. – Оп. 2. – Д. 4. – Л. 46–50 об.
10. Всеподданнейшие отчеты о действиях Военного министерства за 1907–1912 г. – СПб. – 16 с.
11. Устав полевой службы. – СПб., 1912. – С. 31.
12. Согласно Указу Президента РФ от 29 августа 1997 г. № 949 – дата 12 августа (по старому стилю – 30 июля) объявлена Днем Военно-воздушных сил Вооруженных Сил Российской Федерации.
13. РГВИА. – Ф. 493. – Оп. 2. – Д. 4. – Л. 15, 418.
14. Касаткин Н.Н. История авиации и ее современное состояние. – СПб., 1912. – С. 48.
15. Золотарев В.А. Отечественные военные реформы XIX–XX веков. – М., 1995. – С. 112.
16. Грошев Р.В. Возникновение и развитие российской системы подготовки военных кадров до середины XIX века // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар, 2021. – С. 145–154.
17. Грошев Р.В. Военная наука в военных учебных заведениях России (XIX–XXI вв.) // В сборнике: XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар, 2021. – С. 54–57.

ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ГЛАГОЛА НА ЗАНЯТИЯХ  
ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ



STUDYING THE ASPECT OF THE VERB IN THE CLASSROOM  
IN RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE

**Смередчук Т.Я.**

Московское высшее общевойсковое командное училище  
tsmeredchuk@yandex.ru

**Аннотация.** В статье говорится о преодолении трудностей при изучении видов глагола на занятиях по русскому языку как иностранному на разных этапах обучения, о грамматических и семантических особенностях видов глагола.

**Ключевые слова:** преподаватель, виды глагола, значения видов, способы образования видов глагола, иностранные обучающиеся.

**Smeredchuk T.Y.**

Moscow Higher Combined-Arms  
Command School  
tsmeredchuk@yandex.ru

**Annotation.** The article talks about overcoming difficulties in studying the types of verb in the classroom in Russian as a foreign language at different stages of learning, about the grammatical and semantic features of the types of the verb.

**Keywords:** instructor, types of verb, view values, methods of verb types formation, foreign students.

При изучении русского языка иностранные обучающиеся сталкиваются с определенными трудностями. Во-первых, в русском языке очень много правил, а во-вторых, еще больше исключений. Запомнить, систематизировать знания, правильно употреблять их в речи инофону довольно-таки трудно.

Как показывает анализ научно-методических исследований и разработок на протяжении многих лет в области лингвистики, одной из самых трудно усваиваемых тем в методике преподавания русского языка как иностранного является изучение грамматической категории вида глагола.

Так как в большинстве языков категория вида отсутствует, иностранным обучающимся не на что опереться в родном языке. Поэтому перед преподавателем РКИ стоит сложная задача при объяснении данной темы.

Если носитель русского языка может определить виды глагола с помощью вопросов *что делать? что сделать?*, то иностранному обучающемуся такой метод никак не поможет. Вид однокоренных глаголов инофоны могут определить только по формальным признакам, а именно по словообразовательным аффиксам, которые придают новое значение словам.

Одним из способов образования вида глагола является префиксальный. Так, глаголы совершенного вида образуются от непроизводных глаголов несовершенного вида путем прибавления приставок. Самыми распространенными являются приставки за-; вы-; на-; по-; при-; про-; с-; у-.

Иностранному обучающемуся необходимо объяснить, что при образовании глагола совершенного вида в одних случаях основное лексическое значение может не меняться, например: писать – написать, а в других – меняется не только видовое значение, но и появляется новое лексическое, например: писать – списать.

Также возможно образование глаголов совершенного вида (СВ) с помощью суффиксов. При этом необходимо обращать внимание обучающихся на исключения. Например, на образование глаголов СВ при помощи суффикса -ну- с чередованием в корне (отдыхать – отдохнуть), на образование с чередованием конечной согласной корня (спрашивать – спросить), на образование с чередованием гласной в корне (заканчивать – закончить).

Безусловно, иностранному обучающемуся нужно сообщить об отсутствии форм настоящего времени у глаголов совершенного вида.

Глаголы несовершенного вида (НСВ) образуются от глаголов совершенного вида с помощью суффиксов:

- -ива-, -ыва-: перестроить – перестраивать, списать – списывать;
- -ва-: дал – давал, узнал – узнавал;
- -а- (-я): решить – решал, выполнить – выполнял.



Преподавателю следует обратить внимание иностранных обучающихся на то, что глаголы совершенного и несовершенного вида обладают не только формальными, но и семантическими различиями.

Для снятия трудностей, связанных с определением семантического потенциала глаголов несовершенного и совершенного видов, рекомендуется ввести поэтапное изучение данной темы и использование наглядной ориентации визуального материала. Целесообразно подобрать систему упражнений, которая должна способствовать преодолению возникающих трудностей и соответствовать стадиям формирования грамматических и речевых навыков инофононов, а именно:

- 1) упражнения на понимание;
- 2) упражнения на отработку грамматических навыков;
- 3) упражнения по использованию грамматических навыков в устной и письменной речи.

Также необходимо изучать данную грамматическую категорию, работая с учебными и аутентичными текстами, что способствует развитию когнитивных способностей иностранных обучающихся. Ориентиром уместного использования того или иного вида послужат слова-сигналы, указывающие на разницу видовых значений. Например:

- для несовершенного вида: всегда, часто, иногда, редко, обычно, каждый день, недолго, никогда, долго, весь день, целый день;
- для совершенного вида: вконец концов, наконец, вдруг, сразу, неожиданно.

Для преодоления трудностей при объяснении образования видов глагола существенную помощь оказывают графические средства наглядности: таблицы, схемы, рисунки, которые способствуют систематизации восприятия нового материала и улучшению запоминания. Хотелось отметить, что задания для иностранных обучающихся вводятся от простых к сложным, от письменных к устным, в которых необходимо использовать и правильно употреблять в диалогах и собственных высказываниях глаголы несовершенного и совершенного вида.

Знакомство с видами глаголов возможно уже на начальном этапе изучения русского языка как иностранного. Иностранные обучающимся представлены глаголы, которые необходимы им для коммуникации. Обучающиеся знакомятся со следующими значениями глаголов:

Несовершенный вид (НСВ)	Совершенный вид (СВ)
Что делать?	Что сделать?
Процесс / повторяемость действий	Завершённое действие (результат)
Я долго читал книгу. Мы делаем зарядкукаждый день. Мама готовит обед.	Я уже прочитал книгу. Мы сделали зарядку. Мама приготовила обед.

Таким образом, уже на начальном этапе обращается внимание курсантов на смысловую различительную функцию глаголов.

Очень часто на занятиях по РКИ можно услышать вопрос от иностранных обучающихся: «В каких ситуациях употреблять глаголы совершенного и несовершенного вида в прошедшем времени?» В данном случае преподавателю надо объяснить обучающимся, что в форме прошедшего времени глаголы НСВ могут употребляться в тех случаях, когда говорящий хочет узнать, **было ли действие**.

Например: Вы смотрели этот фильм? – Да, мы смотрели этот фильм.

В ответе лишь констатируется факт совершения этого действия.

Когда говорящего интересует результат действия, употребляются **глаголы совершенного вида**.

Например: Вы посмотрели этот фильм? – Да, мы посмотрели этот фильм.

Также следует подчеркнуть, что некоторые глаголы, которые обозначают конкретные действия, в форме прошедшего времени могут обозначать **однократное действие** в каком-либо направлении и обратно.

Например: *Я открывал окно* (т.е. открыл, а потом закрыл).

Почему словарь такой грязный? Кто его брал? (т.е. взял и вернул).

Соответствующие глаголы совершенного вида (*открыть, взять*) показывают, что **результат действия существует** в момент речи.

Например: *Я открыл окно* (окно открыто в момент речи)

*Товарищ взял у меня словарь* (в момент речи словарь находится у товарища).

Более подробное изучение употребления данной грамматической категории следует продолжить на продвинутом и базовом уровнях изучения РКИ.

Так, например, при изучении базового уровня можно вводить понятие одновидовых глаголов. Здесь иностранным обучающимся необходимо понять разницу в значениях употребления одновидовых глаголов совершенного и несовершенного видов.

Одновидовые глаголы совершенного вида обозначают мгновенность действия и результат. Преподавателю нужно подчеркнуть, что данные глаголы показывают лишь какой-то определенный момент действия. Одновидовые глаголы несовершенного вида выражают действия, которые не связаны с результатом или с каким-то определенным моментом действия.

Иностранцам студентам необходимо разъяснить, что такие глаголы имеют или только совершенный вид, или только несовершенный вид, и их нужно запоминать. Следует отметить, что от таких глаголов невозможно образовать глаголы противоположного вида. Чаще всего это глаголы с ярко выраженным способом глагольного действия: *быть, существовать, являться* (несовершенный вид), *сказать, крикнуть, встретиться, поспать* (совершенный вид)

После того, как иностранные обучающиеся усвоили значения одновидовых глаголов, вводится понятие двухвидовых глаголов. Преподавателю нужно подчеркнуть, что в русском языке есть небольшая группа глаголов, которые могут употребляться и в значении совершенного, и в значении несовершенного вида в зависимости от контекста. К таким глаголам относятся: *обещать, ранить, образовать, использовать, атаковать, исследовать* и т.д.

Рассмотрим на примере употребление двухвидовых глаголов:

1. Он использует этот материал, когда будет составлять реферат.

2. Студенты успешно используют новые технологии на занятиях и во время самостоятельной подготовки.

В-первом предложении глагол *использовать* употреблен в значении несовершенного вида, во-втором – в значении совершенного вида. Данный глагол может иметь значение и настоящего и будущего времени.

Итак, мы можем сделать вывод, что при изучении грамматической категории вида в иноязычной аудитории преодоление трудностей возможно, если следовать по пути от семантики глагольного вида к образованию видовых пар и использованию их в речи. Хочу заметить, что иностранному обучающемуся недостаточно усвоить лексику, грамматику изучаемого языка. Преподавателю необходимо сформировать и развить навыки корректного употребления усвоенного материала в устной и письменной речи обучающегося.

### Список литературы:

1. Караванов А.А. Виды русского глагола: значение и употребление // Практическое пособие для иностранцев, изучающих русский язык. – М. : Русский язык. Курсы. – 2003.
2. Караванов А.А. Описание категории вида русского языка как иностранного // Вестник Московского университета. Серия 9. Филология. – 1997. – № 6.
3. Кожемякова Е.А., Симулина И.А. Категория вида русского глагола при обучении инофонам // Вестник Чувашского университета. – 2015. – № 2.
4. Нечаева А.И. Система обучения иностранных студентов-филологов использованию видов глагола в русской речи: дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02. – Ульяновск, 1998.
5. Никишина Ю.В. Методика изучения видов глагола при обучении нерусских студентов разговорному стилю русской речи: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 2005.

УДК 159.953

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН  
НИЗКОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ КУРСАНТОВ



INVESTIGATION OF THE CAUSES  
OF LOW COGNITIVE ABILITY OF CADETS

**Колесников В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Энсис Е.И.**

кандидат психологических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru.

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Исследованы причины низкой познавательной способности курсантов. Показано, что при синхронизации и интеграции полушарий головного мозга обеспечивается оптимальная работа всех участков головного мозга, что способствует повышению познавательных способностей курсантов.

**Ключевые слова:** сознание, нейронная система, аксонные связи, информационный поток.

**Kolesnikov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Ensis E.I.**

PhD in Psychological Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** Investigated the causes of low cognitive ability of cadets. It is shown that the synchronization and integration of the hemispheres of the brain ensures optimal operation of all parts of the brain. This helps to increase cognitive abilities of cadets.

**Keywords:** consciousness, neural system, axon connections, information flow.

Известно, что нейронная система человеческого мозга в процессе познания (обработки информации): восприятия, мышления, стоит задача выяснить причины низкой познавательной способности курсанта и вместе с тем наметить пути её существенного роста.

Задачей настоящей работы является рассмотрение физиологических и психосоматических функций головного мозга, ответственного за интуитивно-интеллектуальную работу курсанта, а также рассмотрение квантовой психофизики сознания.

В процессе мыслительной деятельности головного мозга, как правило, задействована далеко не вся его нейронная система, а отдельные области, отвечающие за конкретную функцию мыслительной деятельности и восприятия информации, например, зрительной, звуковой и т.д. Если бы для выполнения некоторой ментальной функции можно было привлечь более широкую сеть нейронных связей, а в конечном итоге весь головной мозг, то это резко повысило бы скорость выполнения и объём учебных задач. Поэтому условием эффективной и полноценной работы головного мозга считается такое его состояние, которое обеспечит полное включение всей совокупности нейронов в процесс обработки информации.

Известно, что при ментальной работе головного мозга каждое из его полушарий отвечает за свой круг задач: левое полушарие отвечает за аналитические и логические функции, правое – за интуицию и т.д. Такая работа головного мозга имеет невысокую эффективность вследствие низкой степени интеграции и синхронизации в работе мозговых полушарий.

Для интеграции и синхронизации полушарий потребуется выполнение определенных условий – перезагрузки сознания для перехода на новый уровень понимания квантовых процессов [2, с. 46]. Исполнение квантовых алгоритмов повысит осознан-

ность курсанта, что автоматически скажется на мозговой деятельности курсанта, интегрируя и синхронизируя работу полушарий. Повышение производительной мощности головного мозга приведёт к дальнейшему росту осознанности, пониманию причинно-следственных связей и единства пространства и времени.

В таблице показано, как степень интеграции полушарий головного мозга меняется с повышением уровня сознания учащегося. Также показано, какие отделы мозга принимают участие в выполнении этих ментальных функций.

Чем выше уровень сознания, тем выше степень когерентности в работе полушарий и тем в большей степени проявляется интуитивная работа учащегося. И только интуит (четвёртый уровень осознанности) способен на стабильную интуитивную работу с информацией, непрерывно находясь в состоянии созерцания.

**Таблица 1** – Четыре состояния функций головного мозга, соответствующие классификации четырёх уровней сознания учащегося

№ пп	Уровень сознания курсанта	Характер Взаимодействия полушарий	Степень когерентности и симметричной активности полушарий	Отдел мозга	Мозолистое тело, как центр интеграции полушарий
1	стандарт	отсутствие взаимодействия	смекалка, догадка	лимбический мозг,	недоразвито, 5 %
2	личность	слабое взаимодействуют	сообразительность	лимбический мозг, неокортекс	частично функционирует, 50 %
3	индивидуальность	сильно взаимодействуют	интуиция	неокортекс	функционирует, 75 %
4	интуит	находятся в резонансе	созерцание	темя, мозолистое тело	функционирует полностью, 100 %

Таким образом, в зависимости от уровня сознания и его совершенствования интуитивного интеллекта у курсанта возникает разная степень когерентности мозговых волн, которая проявляется в анатомических участках головного мозга в виде поляризованных волн.

В этой связи проведём исследование механизма интеграции и синхронизации работы полушарий головного мозга.

В отличие от общепринятого научного суждения человеческий мозг не порождает мысль. Научная общественность всё больше склоняется к утверждению, что вселенское пространство пронизано первичным полем сознания, которое все сущее связывает воедино [3, с. 126, 165].

Головной мозг просто позволяет изъять мысль из потока высшего сознания и её правильно усвоить без искажений. Функция ума – это контроль, конкретизация и управление собственной мыслью.

При взаимодействии ментальной волны с электромагнитным полем человека частота вибраций волны занижается, и только после этого сигнал воспринимается клетками головного мозга. Человеческий мозг состоит из разных его отделов, которые предназначены для приема, размещения и усиления электромагнитного сигнала [2, с. 160].

В зависимости от плотности биохимической жидкости в стенках нервных клеток разные отделы мозга имеют различную частотно-избирательную способность к приему электромагнитной волны и размещению её в своих нейронах. Иначе говоря, некоторые отделы, имея большую плотность, способны вмещать и усиливать только мысли высокой частоты, а другие, имея меньшую плотность, только мысли низкой частоты

Способность мозга принимать сигналы разного частотного диапазона регулируется «гипофизом», железой внутренней секреции, которая расположена между его правым и левым полушариями. Она отвечает за активацию разных отделов мозга при восприятии мысли, а также за способность человека созерцать мысль, размышлять над ней, осознавать ее своим телом и материализовать мысль как опыт для более глубокого ее понимания [4, с. 55].

Под действием электромагнитной волны в нейронах индуцируется электрический ток, который после усиления посылается через центральную нервную систему во все части тела и клетки человека. Вибрации, испытываемые человеческим организмом, воспринимаются как ощущения, которые должны быть осознаны и поняты.

Когда курсант находится в творческом поиске, выполняя задание преподавателя, и в результате находит интересные и оригинальные решения, то в коре его головного мозга формируются новые аксонные связи. Чем чаще мы воспроизводим мысли, приведшие к этим решениям, тем устойчивей работает нейросеть и надёжно закрепляются приобретённые навыки. Это способствует формированию позитивного мышления (настроя), которое мотивирует к новому творческому поиску, включению новых аксонных связей и постепенному расширению сознания курсанта [2, с. 71], [5, с. 164].

Следует отметить, что очень часто ментальный процесс на занятиях и семинарах реализуется в режиме неосознанного блуждания фокуса внимания. Преподаватель фиксирует внимание на образе и включает его поток мысли в поток поля высшего сознания.

Вышеописанный анализ механизма взаимодействия головного мозга курсанта с внешними потоками сознания будем именовать *информационным потоком*.

Анализ показывает, что в силу разной качественной подготовки курсантов, их способностей и особенностей восприятия согласно разработанной классификации распределения их по группам в соответствии с уровнем сознания и типа мышления (табл.) представляется обоснованным.

Рассмотрим две модели взаимодействия сознания курсанта с информационным потоком при восприятии: двухлучевого и четырёхлучевого взаимодействия.

Механизм двухлучевого взаимодействия потоков. Взаимодействие информационного потока высшего сознания с каждым из полушарий головного мозга приводит к появлению вторичных волн, созданных каждым из полушарий. Вторичные волны по своим характеристикам отличаются от исходного потока в сторону уменьшения их частоты. Эти потоки, интерферируя в области мозолистого тела в случаи их когерентности, создают стоячую волну. Взаимодействие, интеграция полушарий головного мозга являются основными механизмами его работы, что является условием успешного образования для курсанта-стандартника и курсанта-личности. Соблюдая этот механизм, они могут входить в ментальный поток, приобретая спонтанную интуицию.

Механизм четырёхлучевого взаимодействия потоков. Для курсантов-индивидуальностей и курсантов-интуитов характерно четырёх-лучевое взаимодействие потоков.

В случае четырёх-лучевого взаимодействия происходит формирование вторичных лучей, которые могут совпадать по частотным характеристикам с нисходящим потоком высших энергий. При этом четвертый луч создаётся в результате творческого процесса в области щитовидной железы и кортекса и представляет собой вертикально восходящий поток. Интерференция всех четырёх потоков происходит в области мозолистого тела. Условие когерентности всех четырёх лучей создаёт синхронизацию и интеграцию полушарий головного мозга, которые позволяют сознанию курсанта находиться в состоянии непрерывного проявления интуиции [1, с. 147].

Рассматривая механизмы лучевого взаимодействия нисходящих и восходящих информационных потоков, можно сделать вывод, что при синхронизации и интеграции полушарий головного мозга обеспечивается оптимальная работа всех участков головного мозга. Это будет способствовать повышению познавательных способностей курсантов.

Дальнейшие исследования лучевой модели взаимодействия нисходящей поляризованной волны с сознанием рассмотрим более подробно её влияние на восприятие учебного материала курсантом.

Следует различать два вертикальных потока: информационный нисходящий поток и творческий восходящий. Эти потоки образуют интерференционную волну в обеих полушариях головного мозга и создают вторичные волны в области мозолистого тела, что даёт возможность уравновесить энергетические потенциалы сознания.

При выравнивании энергетических потенциалов увеличивается продуктивность головного мозга, и тогда два волновых потока, направляются навстречу друг другу и становятся когерентными, что способствует возникновению синхронности их колебаний.

Получим формулу для *стоячей волны*.

Пусть две плоские волны распространяются вдоль оси ОХ навстречу друг другу. Уравнения волны, распространяющейся вдоль положительного направления оси ОХ и волны, распространяющейся в противоположном направлении, соответственно будут иметь вид [6, с. 285]:

$$\begin{cases} \xi_1 = A\cos(\omega t - kx), \\ \xi_2 = A\cos(\omega t + kx), \end{cases}$$

где  $k$  – волновой вектор, который связан с длиной волны  $\lambda$  соотношением:  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ .

После сложения этих колебаний получим уравнение стоячей волны

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = 2A\cos kx \cos \omega t = 2A\cos \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \omega t.$$

Стоячая волна имеет ту же частоту, что и исходные волны.

Амплитуда волны равна

$$\left| 2A\cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right|,$$

которая зависит от координаты  $x$ . В точках среды, где выполняется условие:

$$\frac{2\pi}{\lambda} x = \pm m\pi (m = 0, 1, 2, \dots),$$

амплитуда достигает максимума, равного  $2A$ . Эти точки называются пучностями стоячей волны. В точках среды, где выполняется условие:

$$\frac{2\pi}{\lambda} x = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right)\pi (m = 0, 1, 2, \dots),$$

амплитуда достигает нулевого значения. Эти точки называются узлами стоячей волны. Положения узлов и пучностей с течением времени не изменяются.

На рисунке 1 представлено изменение амплитуды колебаний стоячей волны вдоль оси Х. Рисунок отображает три положения стоячей волны, соответствующие трем моментам времени. Для стоячей волны характерно, что все точки полуволны синхронно движутся в одном направлении.

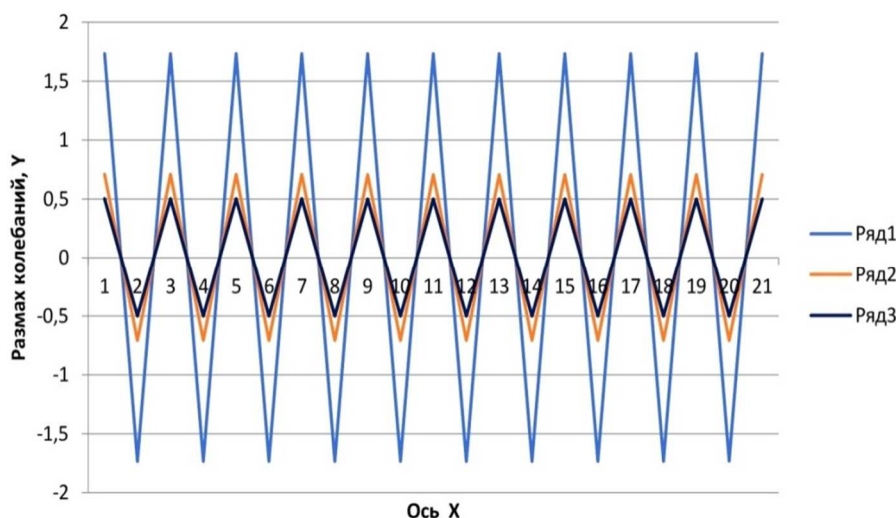


Рисунок 1 – Изменение амплитуды колебаний стоячей волны вдоль оси X

Предполагается, что интерференция встречных волновых потоков происходит в мозолистом теле, поэтому зона наложения будет определяться его размерами. Следует заметить и то, что чем меньше длина волны, что равно повышению частоты колебаний, тем гуще становится расположение волн. А это признак улучшения познавательных способностей курсанта. Возрастает острота восприятия, меньше пробелов в восприятии информации, быстрее происходит процесс её ментальной обработки. Помимо того, растёт объём памяти, и в ней надёжно сохраняется информация.

Если при выясненных условиях имеется различие в силовых потенциалах правого и левого полушарий, то это сказывается на суммарной амплитуде результирующей волны, которая снижается с увеличением этого различия. К такому же результату ведёт нарушение синхронизации, т.е. возникает разность фаз между интерферирующими волнами.

Если имеется даже небольшое различие в частоте этих волн это также негативно отразится на свойствах стоячей волны. Покажем это.

Представим интерферирующие волны в следующем виде

$$\begin{cases} \xi_1 = A \cos(\omega + \Delta\omega)t - kx), \\ \xi_2 = \cos(\omega t + kx); \end{cases}$$

где  $\Delta\omega \ll \omega$ , т.е. частота волн отличается друг от друга на малую величину. В расчетах она не превышала 3 %. Опуская элементарные преобразования, приведём следующее выражение для стоячей волны:

$$\xi = \xi_1 + \xi_2 = 2A \left( \cos \frac{\Delta\omega t}{2} \cos kx + \sin \frac{\Delta\omega t}{2} \sin kx \right) \cos \omega t.$$

Упростим полученное выражение, пренебрегая вторым членом в скобках из-за его малости, так как при  $\Delta\omega \ll \omega$  множитель  $\sin \frac{\Delta\omega t}{2} \rightarrow 0$ . В таком случае окончательно получим  $\xi = \left| 2A \cos \frac{\Delta\omega t}{2} \cos kx \right| \cos \omega t$ .

Выражение, взятое по модулю, представляет собой амплитуду волны и будет изменяться с течением времени, как это представлено на рисунке 2. Такие периодические изменения амплитуды колебаний, как результат сложения двух близких по частоте гармонических колебаний называются *биениями*. Рисунок 2 отображает два положения стоячей волны, соответствующие двум временным моментам. Период колебаний амплитуды  $T$  определяется выражением

$$T = \frac{2\pi}{\Delta\omega}.$$

Отсюда следует, что чем меньше  $\Delta\omega$ , тем больше период и ближе характер стоячей волны к её виду, представленному на рисунке 1. Рассмотрение вышеприведённого случая, указывает на то, что небольшое отклонение интерферирующих волн приводит к отклонению их от когерентности. В этой связи есть необходимость выработки корректного условия, позволяющего на его основе устанавливать зоны оптимального интегрального функционирования полушарий головного мозга.

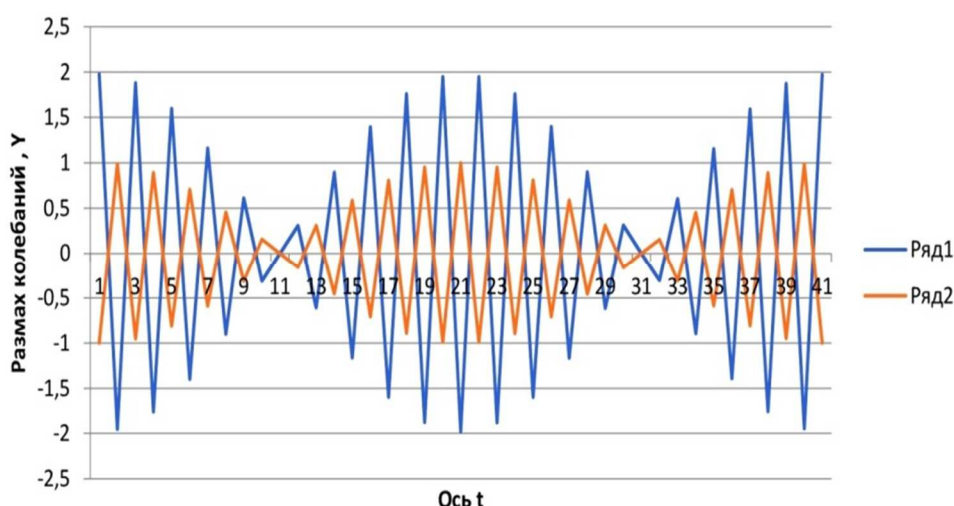


Рисунок 2 – Зависимость стоячей волны от времени при разных значениях координаты X

**Вывод.** Необходимость теоретического исследования двухлучевой модели взаимодействия поляризованного света с сознанием курсанта позволила определить оптимальный режим функционирования головного мозга для повышения уровня восприятия и увеличения объёма информационного потока.

**Список литературы:**

1. Стресс – фактор негативного влияния на обучение / В.А. Спичка [и др.] // Материалы IV Межднар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящённой 53-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013. – 284 с.
2. Энсис Е.И., Колесников В.П., Терехов В.В. Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний: монография. – Краснодар : ККВАУЛ, 2020. – 194 с.
3. Тихоплав Т.С., Тихоплав В.Ю. Жизнь напрокат. – СПб. : ИГ «Весь», 2005. – 256 с.
4. Колесников В.П., Энсис Е.К., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний: монография. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – 196 с.
5. Человеческий мозг, нейросети и познавательные способности человека / А.Н Казанникова [и др.] // Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвященной 58-й годовщине полета Ю.А.Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – 588 с.
6. Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие. – М. : Издательский центр «Академия», 2014. – 560 с.
7. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
8. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
9. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
10. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
11. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
12. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
13. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
14. Грошев Р.В. Подготовка военных кадров во второй половине XX века // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 3 (3). – С. 25–33.
15. Грошев Р.В. Периодизация военного образования отечественных военно-воздушных сил // Военно-исторический журнал. – 2018. – № 11. – С. 50–56.
16. Лукашенко Д.В., Грошев Р.В. На пороге прорыва: проблемы и векторы развития образовательных систем // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2018. – № 9. – С. 6–10.
17. Грошев Р.В. Организационно-педагогические условия развития отечественной системы образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 2 (6). – С. 117–121.
18. Грошев Р.В., Парфенов М.В. Эволюция органов управления военным образованием // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 3 (7). – С. 14–18.
19. Грошев Р.В., Лютов Д.И. Изменения в порядке организации и осуществления образовательной деятельности по программам высшего образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 4 (8). – С. 167–170.
20. Грошев Р.В. Военно-образовательная политика СССР второй половины XX века в контексте подготовки летных кадров // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 2 (2). – С. 91–97.



УДК 159.955

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСРЕДСТВОМ ТЕСТИРОВАНИЯ  
СПОСОБНОСТИ КУРСАНТОВ К СТРАТЕГИЧЕСКОМУ МЫШЛЕНИЮ**



**EXPERIMENTAL RESEARCH BY TESTING THE ABILITY OF  
CADETS TO STRATEGIC THINKING**

**Колесников В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Энсис Е.И.**

кандидат психологических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru.

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Соколовский В.С.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Исследования качества восприятия информации посредством тестирования показали, что курсанты проявили недостаточно высокую степень когерентности в процессе восприятия информации. Установлено, что перегруженность левого полушария оперативно-цифровой информацией и неэффективное использование времени на учебных занятиях, были вызваны низкой скоростью обработки информации и невысокой сообразительностью. Выявлено, что формирование эффективного интерактивного пространства в процессе учебного занятия позволит оптимизировать работу полушарий, повысить уровень восприятия, и основываясь на использовании метода синтеза знаний мотивировать курсантов к учёбе.

**Ключевые слова:** тип мышления, объём восприятия информации, когерентность, синхронизация.

**Kolesnikov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Ensis E.I.**

PhD in Psychological Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Sokolovsky V.S.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** Studies of the quality of information perception through testing showed that the cadets showed an insufficiently high degree of coherence in the process of information perception. It was found that the overload of the left hemisphere with operational digital information and inefficient use of time in training sessions were caused by low information processing speed and low intelligence. It is revealed that the formation of an effective interactive space during the training session will optimize the work of the hemispheres, increase the level of perception, and motivate cadets to study based on the use of the method of knowledge synthesis.

**Keywords:** the type of thinking, the amount of information perception, coherence, synchronization.

**3** **задача тестирования.** Задача тестирования состоит в определении типа мышления учащихся, а также условий оптимизации работы полушарий головного мозга:

- степени их симметрии;
- наличия между ними синхронизации;
- степени когерентности в процессе восприятия.

**Определение типа мышления учащихся**

На гистограмме рисунка 1 приведено сравнение результатов по определению *типа мышления* учащихся посредством специально разработанного теста. Данные ре-

зультаты, приведённые на гистограмме, представляют собой усредненное значение набранных баллов по всем курсантам четырех групп. Сравнительный анализ показывает, что в каждой группе преобладают курсанты с ментальным типом мышления (2, 3 и 4 группы). Наибольшее число баллов набрано 2-й группой, а наименьшее – 1-й группой. Следовательно, преподаватель может организовать интерактивное пространство во 2-й группе и предложить новые методы обучения на базе стратегического мышления, так как группа имеет достаточно высокий интеллектуальный потенциал.



Рисунок 1 – Тип мышления по группам

Третья и четвёртая группа по своему интуитивно-интеллектуальному потенциалу способны к образному мышлению на базе синтетических знаний, и курсанты которых готовы к изучению переходного алгоритма стратегии образа действия [1, с. 50]. Преподаватель должен уметь направить эмоциональную энергию посредством мотивации на овладение командным навыком для оптимизации работы полушарий головного мозга.

Учащихся 1-й группы надо рассматривать, как конструктивный базис для применения всех трёх алгоритмов по стратегии действия. Преподавателю необходимо в этой группе применить методику по изучению алгоритма восприятия. Соблюдать «пошеренговый» способ рассадки курсантов согласно типу ментального интеллекта [1, с. 181].

### Относительное распределение курсантов по типам мышления в группах

В этом эксперименте группа со стандартным типом мышления выявлена не была. На рисунке 2 представлено распределение курсантов в группах по типам мышления. Сравнительный анализ показывает, что наибольшая доля курсантов с *интуитивным* типом мышления представлена в группах 4 (33 %) и 2 (28 %). В группах 1 (12 %) и 3 (15 %) она существенно ниже.

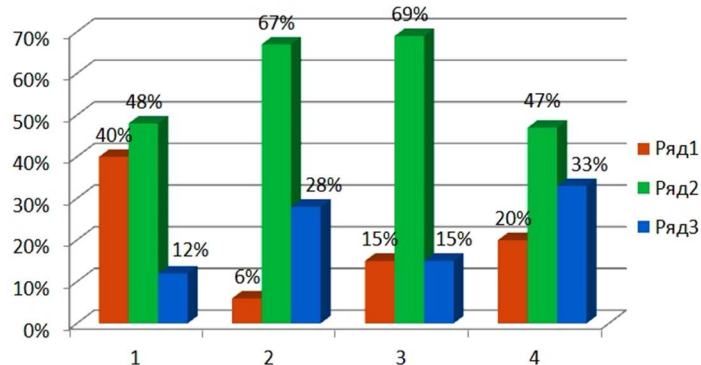


Рисунок 2 – Распределение курсантов в группах по типам мышления

Между тем в последних группах (1 и 3) доля курсантов с *ментальным* типом мышления существенно выше. Например, в группе 2 она составляет 67 %, а в группе 3 – 69 %. В группах 1 (48 %) и 4 (47 %) заметно меньше.

Самая высокая доля курсантов с эмоциональным интеллектом присутствует в группе 1 (40 %), а самая низкая – в группе 2 (6 %).

### Изучение степени симметричной активности головного мозга

Наличие несимметричной активности в работе головного мозга связано с преобладающим развитием работы левого полушария.

На рисунке 3 приведена гистограмма распределения среднего балла, набранного учащимися по группам при определении степени симметричной активности полушарий головного мозга. Чем ниже средний балл, тем выше *симметричная активность* полушарий головного мозга. Согласно разработанной методике градации данного параметра активности полушарий, наибольшая величина лежала в зоне не выше пяти баллов. Средняя активность полушарий лежала в диапазоне 4–10 баллов. И хотя отдельная часть курсантов (в среднем около 15 %) была отнесена к группе с высокой симметричной активностью, тем не менее, средний балл по группам варьировался вблизи отметки 10 баллов. Самые высокие результаты показали группы: 2 (8,7 балла) и 1 (9,2 балла). У четвёртой группы самый низкий показатель – 12 баллов.



Рисунок 3 – Симметрическая активность полушарий головного мозга

Анализ гистограммы показывает, что учащихся групп 1–3, у которых достаточно высокая средняя симметричная активность полушарий головного мозга, преподавателю можно максимально загружать оперативно-цифровой информацией и научно-исследовательской работой и формировать интерактивное пространство аудитории для развития и проявления интуиции, образного мышления и умения работать в потоках времени и интеллектуальной информации.

### Определение объема восприятия информации

Качество восприятия информации в учебном процессе имеет первостепенное значение, поскольку определяет адекватность и объём усвоенного материала. На рисунке 4 приводится гистограмма распределения среднего по учебной группе объёма восприятия информации. В эксперименте были задействованы четыре группы, которые показали средние уровни объёма восприятия (набрано меньше 10 баллов). Учащиеся, которые набрали меньше 5 баллов, обладают высоким уровнем восприятия информации.



Рисунок 4 – Объем восприятия информации

Анализ степени симметрической активности полушарий и объёма восприятия говорит о пассивной работе сознания учащегося и отсутствия мотивации. Преподавателю необходимо переходить на новые формы обучения, для того чтобы в полной мере использовать их интеллектуальный потенциал. И в этой связи, также как и при анализе симметричной активности полушарий головного мозга на начальном этапе обучения курсантов их следует готовить к освоению методов формирования синтетических знаний как важных мотивирующих факторов этого процесса, а затем и новым методам и приёмам работы с учебным материалом в потоках информации и времени.

В качестве примера на рисунке 5 приводится гистограмма с результатами тестирования в группе 4 по определению степени симметричной активности и объёма восприятия учебного материала.

Анализ показывает, что 33 % учащихся показали высокую симметричную активность полушарий головного мозга, и около 20 % – среднюю. Что касается объёма восприятия информации, то 53 % учащихся были отнесены к среднему уровню, а 27 % – к высокому. Следовательно, ментальный потенциал учащихся указывает на возможность перехода на новые формы обучения и использования квантовой природы сознания для развития стратегического и фрактального мышления, чтобы на основе разработанных алгоритмов действия повысить уровень восприятия и интуиции.

Осознание квантовой природы мышления потребует эффективного использования времени для вхождения во временные и информационно-интеллектуальные потоки знаний.

Развитие творческих способностей в курсантах будет основой для формирования восходящего потока интуиции, что устранил фиксацию и потерю ментальной энергии.

Повышение уровня образования и продуктивности использования времени требует новой методики обучения на основе синтеза знания и использования квантовых инструментов для вхождения в пространственно-временные потоки; это разовьёт умение пользоваться образами-идеями как инструментами для развития стратегии мышления в едином пространственно-временном континууме.



**Рисунок 5** – Симметрическая активность и объём восприятия учебного материала

**Вывод.** В результате тестирования курсанты проявили невысокую степень когерентности в процессе восприятия информации.

Перегруженность левого полушария оперативно-цифровой информацией и неэффективное использование времени на учебных занятиях, были вызваны низкой скоростью обработки информации и невысокой сообразительностью.

Формирование эффективного интерактивного пространства в процессе учебного занятия позволит на основе синтеза знаний оптимизировать мышление и увеличить его ментальный темп и ритм.

**Список литературы:**

1. Энсис Е.И., Колесников В.П., Терехов В.В. Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний: монография. – Краснодар : Издательский дом – Юг. – 194 с.
2. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
3. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
4. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
5. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
7. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
9. Грошев Р.В. Подготовка военных кадров во второй половине XX века // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 3 (3). – С. 25–33.
10. Грошев Р.В. Периодизация военного образования отечественных военно-воздушных сил // Военно-исторический журнал. – 2018. – № 11. – С. 50–56.
11. Лукашенко Д.В., Грошев Р.В. На пороге прорыва: проблемы и векторы развития образовательных систем // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2018. – № 9. – С. 6–10.
12. Грошев Р.В. Организационно-педагогические условия развития отечественной системы образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 2 (6). – С. 117–121.
13. Грошев Р.В., Парфенов М.В. Эволюция органов управления военным образованием // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 3 (7). – С. 14–18.
14. Грошев Р.В., Лютов Д.И. Изменения в порядке организации и осуществления образовательной деятельности по программам высшего образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 4 (8). – С. 167–170.
15. Грошев Р.В. Военно-образовательная политика СССР второй половины XX века в контексте подготовки летных кадров // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 2 (2). – С. 91–97.

УДК 355.4

**ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ПОЛКА «НОРМАНДИЯ» В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ**



**TRAINING OF AVIATION SPECIALISTS OF THE NORMANDY REGIMENT  
DURING THE GREAT PATRIOTIC WAR**

**Очкин А.Н.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Каплин Е.Н.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Данная статья является кратким обобщением исследования исторических аспектов подготовки военных иностранных специалистов в России, а также подготовки авиационных специалистов Франции участников в Великой отечественной войне в составе полка «Нормандия-Неман».

**Ключевые слова:** Нормандия-Неман, авиация, истребитель, воздушный бой.

**Ochkin A.N.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Kaplin E.N.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** This article is a brief summary of the study on the participation of French pilots in the Great Patriotic War as part of the Normandy-Niemen regiment; the causes and motives that prompted the French to fight as part of the Soviet Air Force; the attempts to substitute and falsify the results of the Second World War and the contribution of the Allied countries to the victory over fascism.

**Keywords:** Normandy-Niemen regiment rear hemisphere, front hemisphere, lower hemisphere, bend, maneuvering.

Обратимся к историческим аспектам подготовки иностранных военных специалистов в России. Устремив взор во времена древней Руси, можно выявить интересный факт. Одними из первых военных иностранных специалистов, документально зафиксированных на Руси, являются варяжские предводители дружины Рюрик и его родственники. Хотя, если следовать летописным сведениям, еще за долго Рюрика славянские племена приглашали варяжские дружины на военную службу. Начиная с этой эпохи и вплоть, до государственных и военных реформ, проводимых Петром I, использование иностранных военных специалистов было широко применяемым. Однако в эти исторические периоды использование иностранных военных специалистов носило прямо противоположный характер исследованию, проводимому в нашей статье. А именно приглашенные военные специалисты целиком использовались не только для подготовки Российских военных кадров, но и для осуществления полноценной военной службы в Русской армии. Одна из задач нашей статьи выяснить, что же стало причиной диаметрально противоположного использования военных иностранных кадров в России. Как и почему Российская армия превратилась из крупнейшего потребителя военных специалистов зарубежья в одного из крупнейших «производителей» и «поставщиков» высококвалифицированных военных кадров иностранным державам. Или иными словами Российское государство от потребления наемной иностранной военной силы в своих интересах, перешло к воспитанию и обучению иностранных специалистов для их государств. Ведь уже во времена «дворцовых переворотов» условия поступления на службу в русскую армию иностранных офицеров были совершенно иными чем даже в правлении Петра I. Из-за участия в затяжных войнах с Османской империей Россия объявила набор иностранных офицеров на службу, но при условии понижения их в воинском звании на одну, а по некоторым специальностям и на две ступени. Интересный факт. Наполеон Бонапарт в своих мемуарах описывал случай, когда он в чине лейтенанта французской армии из-за бедности и нищеты пришел в русское посольство наниматься на русскую службы для войны с Турцией. Мундир его

был оборван, а ботфорты оставляли на паркете в резиденции посла слякотные лужи. Наполеон был горд, а посол заносчив. Один не соглашался на службу с понижением в звании, а у другого не хватило прозорливости и ума разгадать в оборванном лейтенанте будущего военного гения. А ведь в обратном случае судьба целых континентов пошла по другому пути. Россия получила бы талантливое фельдмаршала и миновала бы Бородину и пожара Москвы.

Причины таких перемен не только военные, но и государственные. Россия превратилась в могучую империю и стала основным игроком на международной арене, а вместе с ней выросла и полностью преобразилась и ее армия. Даже скорее преобразование и мужание в битвах Русской армии дало толчок развитию Российской государственности. А вот начало подготовки в России иностранных военных специалистов имело под собой и политическую основу. Уже во времена правления Екатерины II Россия упрочила связи военных межгосударственных союзов стран антитурецкой коалиции. Война уносила многие жизни, армии воюющих сторон таяли буквально на глазах и конечно же под основным ударом оказался офицерский корпус. Императрицей было принято решение организовать обучение офицеров из местных (туземных) народов, воюющих с Турцией. Так в военных и навигатских школах, кадетских, пажеских и рыцарских корпусах России проходили обучение юноши греки, болгары, валахи, сербы и представители многих других национальностей. Следовательно, эпоха просвещённого абсолютизма в России стала отправной точкой в начале процесса обучения иностранных специалистов в Российских военных образовательных организациях. Конечно все эти новшества стали следствием государственного заказа на военное образование иностранных кадров для их же родных стран. Екатерина и ее сподвижники дальновидно осознали, что воспитать и обучить военные кадры для армии союзной страны гораздо выгоднее и в политическом, и в военном плане, чем постоянно оказывать военную помощь данному союзному государству.

Молодому Советскому государству в наследие от царской России достался разномастный парк иностранных машин. Привести к единому знаменателю подготовку военных летчиков становилось затруднительно. Молодой стране необходимо было совершить невозможное. За короткий срок довести до серийного выпуска и поставки в войска машин для всех родов авиации. Параллельно необходимо было наращивать и совершенствовать обучение кадров для ВВС. В связи с этим массового обучения иностранных военных специалистов Советский союз не проводил до начала второй мировой войны. Отношения между СССР и Германией в довоенные годы были далеки от идеальных, но носили периодически сносный характер. Обмен военными специалистами, посещение группами военнослужащих объектов вооруженных сил друг друга, взаимное присутствие на военных маневрах стало носить периодический характер. Так Герман Геринг в Липецке делился опытом пилота участника первой мировой войны с Советскими летчиками, Гейнц Гудериан учился на танкодромах Казани тактике применения бронированных соединений.

Потребность в подготовке иностранных авиационных специалистов созрела благодаря такому историческому событию.

По воспоминаниям генерала авиации Марсиаля Валэна 19 февраля 1942 года в беседе с полковником Лиге и майором Мирле впервые был намечен проект создания французского авиасоединения, которое бы входило в состав советских Военно – Воздушных сил. И уже 20 февраля 1942 года генерал Шарль де Голь одобрил этот проект. Он же и организовал переговоры с представителем посольства СССР в Лондоне полковником Пугачевым [4].

Результатом этой работы стало в марте 1942 года обращение французского национального освободительного комитета «Сражающаяся Франция» к Советскому Союзу с предложением направить в СССР группу летчиков и авиационных механиков для участия в боевых действиях против Германии. Один из лучших пилотов «Нормандии», ставший посмертно Героем Советского Союза, Марсель Лефевр, выразил настроение и чувства своих боевых товарищей словами: «Мы покинули свою поруганную родину, чтобы возвратиться победителями. Иного пути у нас нет!»! Очень правдиво и со свойственной каждому французу экспансивностью Франсуа де Жоффер написал о

летчиках и о боях, в которых ему довелось участвовать, в своей книге «Нормандия-Неман». Автор с искренним чувством благодарности отзывается о советских летчиках, встретивших французов, как своих боевых братьев, оказывали им помощь, делились с ними всем, прежде всего самым главным – боевым опытом, учили искусству побеждать [3]. И хотя французские пилоты плохо знали русский язык, а наши летчики – французский, они отлично понимали друг друга, потому что жили во имя одной цели – как можно скорее добиться победы над общим врагом [4].

Эскадрилья включала в основном летно-технический состав истребительной группы, базировавшейся на французской авиационной базе Раяк на Ближнем Востоке. Поэтому в дальнейшем летчики «Нормандии» называли себя райяками и не раз во время воздушных боев в эфире раздавалось предупреждающее «Раяки, внимание!», то призывное «Раяки, вперед!».

Первая группа французских авиаторов прибыла в Советский союз через Иран в начале декабря 1942 года. Французским пилотам на выбор были предложены советские, американские, английские истребители. Летчики «Нормандии» пожелали воевать на советских машинах, и им были предоставлены истребители Як-3, в то время не имеющие себе равных. На аэродроме близ Иванова в условиях суровой русской зимы под руководством советских инструкторов пилоты «Нормандии» приступили к освоению новой для них материальной части. Начались дни упорной и напряженной учебы.

На первых порах в составе французской эскадрильи насчитывалось четырнадцать летчиков и пятьдесят восемь авиационных механиков. Командовал эскадрилейей самый популярный из французских летчиков-истребителей майор Жан Луи Тюлян. На то период он уже имел на своем счету шесть сбитых немецких самолетов. Заместителем был опытный летчик капитан Литольф. С первым составом «Нормандии» прибыли летчики-истребители лейтенанты Альбер, Дюран и Лефевр – три неразлучных друга, которых сразу же окрестили тремя мушкетерами. Впоследствии только эти три мушкетера сбили с сумме больше сорока немецких самолетов. Отличными летчиками считались Ролан де ля Пуап и Жозеф Риссо. Летная подготовка французов была очень высока. Среди них было немало искусных мастеров высшего пилотажа. Однако боевого опыта у многих не было вовсе, и основная работа велась в этом направлении [4].

22 марта 1943 года эскадрилья вылетела на один из прифронтовых аэродромов. Было принято решение на некоторое время оперативно подчинить эскадрилью командиру 204 бомбардировочной дивизии полковнику С. Андрееву.

Такое временное решение имело свой смысл. Бомбардировочная дивизия располагала всепогодным аэродромом (с бетонным покрытием), поэтому летчики этой дивизии не испытывали трудностей, связанных с оттепелью, которые испытывали истребители. Но главное было в другом. Советское командование считало необходимым дать возможность французским летчикам полетать над прифронтовой полосой, ознакомиться с местностью, с районами будущих боевых действий, как следует изучить ориентиры.

Знаменательным для французов стал день 5 апреля 1943 года – эскадрилья открыла свое боевой счет. Сопровождая группу бомбардировщиков Пе-2 в районе Рославля, «Нормандцы» завязали бой с «фоке-вульфами», и летчики Дюран и Прециози сбили по самолету. После втягивания французов в боевую работу, уже не было смысла держать эскадрилью в бомбардировочной дивизии и ее передали в состав 303 истребительной авиационной дивизии в соответствии с ранее принятым решением.

В 1943 году на базе эскадрильи был создан 1-й отдельный истребительный авиационный полк «Нормандия» «Сражающейся Франции». Для того, чтобы французские летчики быстрее и продуктивнее копили боевой опыт, командование 303 истребительной авиационной дивизии перебазировало их на аэродром, где находился 18-й гвардейский истребительный авиационный полк. Командовал полком опытный подполковник А. Голубов. Машины на которых летали советские и французские летчики были однотипными. Боевые задачи, ставившиеся перед обоими полками в ряде случаев, были идентичными. В боях они действовали вместе, зачастую прикрывая друг друга. Взаимодействие с летчиками 18-го истребительного авиационного полка было для французских летчиков прекрасной школой.



Вскоре начался период затяжных интенсивных боев на фронте. Французские летчики понесли большие потери. Погиб один из лучших пилотов полка капитан Литольф. 17 июля 1943 года десять самолетов, ведомых Тюляном, вступила в бой с большой группой «юнкерсов» шедших на бомбардировку наших войск под сильным прикрытием «мессершмиттов». В этом бою французские пилоты сорвали замысел врага, но их командир не вернулся из боя. Узнав о гибели командира «Нормандии» командир 303 истребительной авиационной дивизии Г. Захаров лично проводил разбор боя. Ветераны 1943 года не только поняли и приняли тактику группового боя, как единственно правильную и единственно результативную в тех условиях, но и оказали неоценимую помощь своим менее опытным товарищам, которые впоследствии влились в состав полка [4].

Во второй половине 1943 года французские пилоты французские летчики, уже вполне освоив тактику группового боя, сбили семьдесят семь немецких самолетов. Но победа к сожалению, давалась дорогой ценой. К концу войны от первого состава «Нормандии» в живых осталось только трое: Альбер, де ля Пуап и Риссо. Судьба «Нормандии» очень беспокоила советское командование. Были периоды, когда полк действовал силами одной неполной эскадрильи. И дело не только в том, что поначалу летчикам не доставало опыта. Опыт они приобретали быстро. Но такого накала боев, как на советско-германском фронте, не было на других фронтах второй мировой войны. Здесь решался исход войны, и именно здесь сражалась горстка отважных французских летчиков. И они выстояли.

В октябре 1943 года, ветераны «Нормандии», не зная того, приняли участие в бою, который и сегодня в историческом плане может быть рассмотрен как символ интернациональной дружбы народов в борьбе с фашизмом.

В мае 1944 года после отдыха и пополнения полк «Нормандия» во главе с Пьером Пуйядом снова прибыл на фронт и в составе 303 истребительной авиационной дивизии принял участие в Белорусской операции. Среди вновь прибывших были такие мастера высшего пилотажа и воздушного боя, как Жак Андре (будущий Герой Советского Союза), Луи Дельфино (впоследствии ставший командиром полка), Леон Кюффо (после войны генерал ВВС Франции), де Сен-Марсо (после войны генерал ВВС Франции). Осенью французские летчики одержали ряд блестящих побед. Над территорией Восточной Пруссии в воздушных боях они сбили двадцать девять немецких самолетов, не потеряв ни одной машины. За успешное участие в боях по форсированию Немана приказом Верховного Главнокомандующего Советскими Вооруженными Силами полку было присвоено почетное наименование «Неманский», и он стал называться полком «Нормандия-Неман». За проявленную доблесть в Восточно-Прусской операции полк награжден орденом Красного Знамени, а за успешные боевые при овладении городом Пиллау – орденом Александра Невского. К боевому знамени полка прикреплены и два французских ордена – орден Почетного легиона и Крест освобождения. [1]

За время боевых действий на советско-германском фронте летчики полка совершили 5240 боевых вылетов, провели около 900 воздушных боев, одержали 273 подтвержденных победы, 36 неподтвержденных. Потери за время ведения боевых действий составили 42 летчика. 83 французских летчика награждены орденами и медалями, из них четверо стали Героями Советского Союза.

Итак, мы привели пример, как французские летчики полка «Нормандия-Неман» вносили свой вклад в победу над фашизмом, воюя и обучаясь практически одновременно. Пример французского полка беспрецедентен, по факту переобучения французских пилотов новому типу авиационной техники и ведению боя в условиях Советско-Германского фронта. А также по обучению авиационных механиков полка новому типу авиационной техники и ее эксплуатации в новых климатических и военных условиях.

Можно быть уверенными в том, что французский народ точно знает, кто внес основной вклад в общее дело победы над гитлеровской Германией, несмотря на то, что саму Францию освобождали войска США и Великобритании. Ведь каждая французская семья свято чтит память своих предков, воевавших и погибших в этом прославленном полку. Дети внуки и правнуки французских летчиков знают и свято чтут тех, кто плечом к плечу дрался в небе вместе с их родственниками, делил с ними хлеб и кров, радовался вместе победами и оплакивал потери. Каждая семья сохранит эту память из поколения в поколение.

Еще одной причиной явилось то, что полк «Нормандия – Неман» и по сей день несет ратную службу в боевом составе ВВС Франции. А значит в течении 75 лет по окончании войны тысячи французских солдат и офицеров проходили службу в нем, знакомились с его историей и его боевым путем и своей службой стараются быть достойными того боевого братства, которое помогало в борьбе с общим врагом.

В заключение хочется отметить, что изучение военно-исторического опыта – крайне важная задача, как для обучающихся, так и для самих обучаемых, и в этом мы согласны с Шишлениным Д.А. [2]. В то же время, объём накопленного человечеством военно-исторического опыта настолько велик, что эта задача, по крайней мере в области военной педагогики, является достаточно сложной и требует кропотливой работы и серьёзного методологического подхода.

#### **Список литературы:**

1. Франсуа де Жофф. Нормандия–Неман. – М. : Воениздат, 1982.
2. Шишленин Д.А. Формирование способностей использовать военно-исторический опыт при выработке решений на выполнение поставленной задачи у курсантов военных вузов // Сборник научно-методической конференции. – Омск : Омский автобронетанковый инженерный институт, 2016.
3. Очкин А.Н. Каплин Е.Н. Учим по-Суворовски // Сборник научно-практической конференции Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков. – Краснодар : КВВАУЛ, 2019.
4. Очкин А.Н. Каплин Е.Н. Мотренко Д.В. Ничего не отдано – если не отдано все // Сборник научно-методической конференции Краснодарского высшего авиационного училища летчиков «Этих дней не смолкнет слава». – Краснодар : КВВАУЛ, 2020.

УДК 378.4

**ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЙ В ВУЗЕ В УСЛОВИЯХ  
ПАНДЕМИИ COVID-19**



**APPROACHES TO CONDUCTING CLASSES AT THE UNIVERSITY  
IN THE CONTEXT OF THE PANDEMIC OF THE COVID-19**

**Бочкарева А.С.**

кандидат исторических наук, доцент,  
Кубанский государственный технологический университет  
bochka78@mail.ru

**Терехов В.В.**

студент ИМРИТТС,  
Кубанский государственный технологический университет  
mitya.ivanov.2015@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность перехода студентов с очной формы обучения на дистанционную, в условиях пандемии COVID-19. Авторы статьи выделяют преимущества и недостатки дистанционного формата обучения, изучают подходы и требования к техническому обеспечению вуза. Авторы указывают все виды занятий и раскрывают методику их проведения при дистанционном обучении. Делается вывод о том, что на удаленное образование влияет множество факторов: от технических используемых систем с применяемым программным обеспечением до методических приемов проведения занятий.

**Ключевые слова:** дистанционное образование, удаленное обучение, высшее образование, пандемия COVID-19, технические возможности, образовательный процесс, качество образования.

**Bochkareva A.S.**

PhD. History of Sciences,  
Associate Professor,  
Kuban State Technological University  
bochka78@mail.ru

**Terekhov V.V.**

IMRITTS Student,  
Kuban State Technological University  
mitya.ivanov.2015@gmail.com

**Annotation.** The article discusses the possibility of students switching from full-time to distance learning, in the context of the COVID-19 pandemic. The authors of the article highlight the advantages and disadvantages of the distance learning format, study approaches and requirements for the technical support of the university. The authors indicate all types of classes and reveal the methodology of their implementation in distance learning. It is concluded that remote education is influenced by many factors: from the technical systems used with the software used to the methodological methods of conducting classes.

**Keywords:** distance education, distance learning, higher education, COVID-19 pandemic, technical capabilities, educational process, quality of education.

Пандемия COVID-19 внесла свои коррективы во все сферы жизни нашего общества. Высшее образование не стало исключением. В условиях пандемии, когда необходимо обеспечивать санитарные нормы общения между учащимися и преподавателем, в современной геополитической ситуации, с учетом развития средств связи и вычислительной техники, появились новые условия и возможности удаленного проведения занятий в учебных заведениях Российской Федерации. Изучение данного вопроса на сегодняшний день особенно актуально, поскольку именно от воплощения в жизнь этих возможностей непосредственно зависят жизнь и благосостояние наших граждан, особенно в той не простой геополитической ситуации, в которой оказалась Россия [1].

Прежде всего, обращают на себя внимание те технические возможности, которые могут быть реализованы в ВУЗе, а именно: создавать ли свой «дата центр» или арендовать у организации? Так, создание своего «дата центра» позволит решить множество проблем ВУЗа, но будет достаточно затратным как с точки зрения приобретения оборудования, так и создания необходимого профессионального состава его обслуживания [2]. В то же время, аренда «дата центра» у организации связи позволит быстро решить необходимые вопросы связи и требуемого программного обеспечения. Поскольку у многих ВУЗов уже есть свои центры связи, то они и обеспечат требуемую аренду связи.

Таким образом, решать по какому пути пойти – остается за ВУЗом с учетом его финансовых и технических возможностей. Но, в любом случае, для дистанционного обучения необходима устойчивая связь на применяемом программном обеспечении, к которому, например, можно отнести eKaf, OBS и другие. На сегодняшний день различных версий программного обеспечения существует достаточно большое количество [3].

В целом, при выборе программного обеспечения необходимо решать две задачи:

- Обеспечить полное электронное управление ВУЗом – тогда целесообразно программное обеспечение типа elkaф.
- Обеспечить только удаленное обучение – тогда программное обеспечение типа OBS.

Следует подчеркнуть, что в данном случае, выбор также остается за ВУЗом исходя из тех задач, которые стоят перед ним [4].

Не маловажное значение играют и вопросы методического обеспечения удаленных занятий. Все занятия, особенно инженерного или технического направления, достаточно сложны и требуют наличия технических средств, которые изучаемые осваивают в процессе обучения. Как известно, по видовой принадлежности, все занятия технического направления можно разделить на лекции, (семинарские)практические занятия и лабораторные работы [5].

Если рассматривать лекции, то они должны быть построены на слайдах таким образом, чтобы обучаемые могли оперативно осваивать теоретических материал с привязкой его к конкретным образцам техники. Это позволит качественно провести практические и лабораторные работы. При этом изложение учебного материала, вынесенного на слайды, не должно превращать только в озвучивание приведенного материала слайда, а дополнительно ставить задачи обучаемым и ждать от них ответа. Такое построение учебного материала приблизит удаленное обучение к очному обучению, что обеспечит требуемое качество образования. Но здесь появляется вопрос об обучаемых: если каждый из них за своим компьютером, то данный метод решается просто с помощью используемого программного обеспечения (либо письменными сообщениями в чате в время лекции, либо устными сообщениями с использованием микрофонов). Как следует из личного опыта проведения таких лекций, требуется соблюдение логики связи слайдов при подготовке лекций и обеспечения пауз между слайдами для обсуждения поставленных вопросов лектором. Нельзя не обратить внимание и на другой метод чтения лекций, который предусматривает групповой их просмотр. В этом случае много зависит от организатора, который присутствует в группе на лекции и технической возможности использования микрофона, если у слушателей появляются вопросы по ходу лекции [6].

Таким образом, если технически обеспечивается обратная связь лектора с обучаемыми и лектор готов методически к такой связи при чтении лекций, то качество обучения при удаленном формате будет обеспечено. При этом, на наш взгляд, самое лучшее обучение – это очный формат, при котором обучаемый и обучаемые могут видеть и общаться друг с другом.

Нельзя обойти вниманием и практические занятия. Их проведение, при обучении студентов технического направления, может быть связано с инженерными расчетами, изучением конкретной техники и т.д. Здесь преподаватель работает с группой и должен иметь снимки (видео фильмы) конкретной техники, которые он должен обработать с помощью компьютерной техники, чтобы обратить особое внимание обучающихся на те или иные сложные узлы или применение тех или иных математических методов расчета и почему этот метод здесь используется. Данное занятие должно обязательно быть связано с конкретной темой лекции, что увеличит мотивацию изучения лекций и обеспечит связь с аудиторией за счет постановки вопросов к обучаемым.

Третьим, на наш взгляд, наиболее сложным видом занятий проводимом на удаленном обучении являются лабораторные практикумы. При этом не всегда качественно данный вид занятий можно обеспечить, но максимальное приближение к очной форме обучения можно получить. Для этого необходимы съемки конкретных лабораторных установок и их работа в динамике, которая связана с изменением их параметров. Изменяя режимы можно получить множество параметров, которые предложить обучаемым обработать и полученные результаты обязательно сравнить с той информацией, которую получили на лекционных занятиях. Здесь необходимо вырабатывать у обучаемых собственное мнение о тех или иных характеристиках и их сравнение с теоретическими результатами, обсуждаемые в лекциях [7].

Хотелось бы подчеркнуть, что немаловажную роль в системе дистанционного обучения играют и электронные библиотеки, которые, являясь частью общественного организма, тесно связаны с экономическими, социальными, духовными и политическими процессами происходящими в обществе [8].

Подводя итог, важно отметить, что на удаленное образование влияет множество факторов: от технических используемых систем с применяемым программным обеспечением до методических приемов проведения занятий. И все это вместе должно быть направлено на тесное электронное общение преподаватель – студент.

#### Список литературы:

1. Бочкарева А.С., Лаврентьева М.А. К вопросу о реализации социальных идей и программ некоммерческими организациями в Российской Федерации // Научные труды КубГТУ. – 2018. – № 7. – С. 74–81.
2. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
3. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
4. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
5. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
7. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
9. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. Фракталы и их применение // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 130–134.
10. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
11. Малыхина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – 2016. – С. 199–203.

УДК 621.81

**МЕСТО МЕХАНИКИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ  
ПРОГРАММЕ ВОЕННОГО ЛЕТЧИКА-ИНЖЕНЕРА**



**THE PLACE OF MECHANICS IN EDUCATIONAL  
THE PROGRAM OF A MILITARY PILOT-ENGINEER**

**Гимбицкая Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
ludgim@yandex.ru

**Гимбицкий В.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
gimva@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены история и развитие механики как науки. Выявлено и обосновано взаимодействие естественных и технических знаний, находящихся в единой системе, результатом которого выступает их разделение, обособление в относительно самостоятельные виды научного знания. На основе проведенного анализа авторами исследованы важные задачи необходимости знаний летчику теории упругости и сопротивления материалов.

**Ключевые слова:** агрегаты, двигатели, закономерности, теоретические концепции, технологические фазы, технические науки, теория упругости, надежность машин и механизмов.

**Gimbitskaya L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
ludgim@yandex.ru

**Gimbitsky V.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
gimva@yandex.ru

**Annotation.** This article discusses the history and development of mechanics as a science. The interaction of natural and technical knowledge located in a single system is revealed and justified, the result of which is their separation, isolation into relatively independent types of scientific knowledge. Based on the analysis, the authors investigated the important tasks of the need for knowledge of the theory of elasticity and resistance of materials to the pilot.

**Keywords:** aggregates, engines, regularities, theoretical concepts, technological phases, technical sciences, theory of elasticity, reliability of machines and mechanisms.

**З**нание любой теории, ее принципов, закономерностей и других теоретических концепций позволяет военному специалисту не только анализировать факты и объяснять их, но и предсказывать появление новых фактов, прогнозировать события, явления, предвидеть их развитие.

Еще в V тысячелетии до н.э. появились первые механизмы – водяные мельницы, представляющие собой простейшие машинные агрегаты, состоящие из двигателя (водяное колесо), передачи (зацепление), и рабочего органа (жернова). Определенные знания в области применения механической формы движения были накоплены при постройке автоматов во времена Герона (I век до н.э.) [1].

В XVIII–XIX веках были созданы паровые машины, которые обладали новым качеством. Как писали ученые тех времен «они воплощают такие свойства, как автоматизм, быстрота действия, непрерывность технологических фаз, высокие параметры единичных орудий, возможности соединения многих орудий, приводимых в движение одним и тем же механизмом». Важнейшая особенность применения машин состоит в том, что все отмеченные выше достоинства есть результат их способности превращать силы природы (ветер, вода) в агентов общественного труда. Можно судить, что теоретический арсенал науки, способный дать теорию машин как технического объекта, должен быть значительным. Итак, возникновение особой теоретической ветви научных знаний является диалектическим процессом такого взаимодействия естественных и технических знаний, находящихся в единой системе, результатом которого выступает их разделение, обособление в относительно самостоятельные виды научного знания [2].

Ведущее место в познании теории и практики принадлежит теории механизмов и машин, имеющей методологическую функцию по отношению к другим техническим

наукам. Историки отмечают, что «под несомненным влиянием механики машин возникла теоретическая кинематика, идеи статики и динамики стимулировали становление динамики машин и графических методов в теории механизмов» [3].

К середине XIX века в теории машин утвердилось выделение двух различных разделов: кинематики механизмов и динамики машин. В числе выдающихся изобретений и открытий этого периода можно назвать изобретение А.Ф. Можайским самолета, основ авиации – Н.Е. Жуковским и С.А. Чаплыгиным [1].

Н.Е. Жуковский разработал основные положения аэродинамики плоскопараллельного потока; дал основную теорему для определения подъемной силы крыла самолета, обосновал создание теории гидравлического удара. Нашли решение многие важные задачи теории упругости и сопротивления материалов. Были разработаны проблемы комплексной автоматизации различных производств и промышленных систем, а также основы для развития техники воздушного транспорта и другие вопросы.

Итак, можно сделать выводы [3]:

- возникновение и развитие механики вызвано общественно необходимостью создания крупного многоотраслевого машинного производства, в связи с чем возникли проблемы, которые могли быть решены только научно;

- превращение технического знания в систему технических наук, функция которых состоит в целенаправленности преобразования природных материальных образований в технические средства;

- развитие естествознания и технических наук ведет к усилению их диалектического взаимодействия, в котором естествознание на основе глубокого проникновения в сущность природных процессов все больше будет представлять техническим наукам знания, применяемые в процессе создания технических систем.

Идея комплексности, как компонент общей теории машин, состояла в том, чтобы «подчинить» непосредственному процессу производства силы природы: ветер, воду, пар, электричество. Дальнейшая конкретизация идеи состояла в отыскании, в научном обосновании исследовательских программ, ведущих к созданию теории, а не ее основе – к созданию рабочих машин. Этот процесс осуществляли через системы взаимодействующих механизмов, где «собственная задача всякого механизма всегда состоит в том, чтобы преобразовать первоначальное движение, вызванное двигательной силой, превращать его в такую другую форму, которая соответствовала бы преследуемой в данном производстве цели и сообщаемому рабочей машине движению» [4].

Ныне механика стала тем фундаментом, на котором строится современное машиностроение и приборостроение.

В сегодняшнем понимании машина – это устройство для использования законов природы с целью облегчения физического и умственного труда, увеличения его производительности путем частичной или полной замены человека в его трудовых и физиологических функциях.

Объективной основой для этого является познанная взаимосвязь конструкции и функций технических объектов.

Искусственно созданная структура (конструкция) технических объектов с заданной функцией из природного объекта «образует» другую форму, которая соответствует цели, преследуемой в производстве [5].

Любое техническое средство можно рассматривать как техническую совокупность тел и процессов, где они «вынуждены» совершать движения по техническим законам, ведущим к удовлетворению технических потребностей общества. Подчинение природного естественного самодвижения может быть достигнуто лишь созданием искусственной системы взаимодействия природных сил путем рационального построения схемы механизмов, выбора «полезных» законов движения, подбора системы противодействующих природных процессов.

Так, техническая теория полета летательных аппаратов устанавливает, что часть сил, приложенных к движущемуся объекту, определена природой (закон всемирного тяготения) в специфическом их проявлении, а часть сил изменяется в широких по естественно-техническим законам, заложенным в конструкции летательного аппарата, т.е. по законам природы, но преобразованным человеческой деятельностью с учетом целей и потребностью людей (закон регулирования реактивной силы) [1].

Законы механики в системе технических теорий выступает в специфической форме, обусловленной конкретными обстоятельствами механических взаимодействий.

Механика в ее современном виде включает в предмет своего исследования механизмы, в состав которых входят гидравлические, пневматические, электрические, биологические устройства, группирующие знания в соответствии с теми или иными инженерными задачами, а не по формам движения материи. При этом необходимо учитывать, что интегрирующее значение в построении теории технического объекта принадлежит, как правило, естественно-техническому принципу, основу которого составляет использование определенной формы движения материи в качестве главной, изучаемой той или иной естественной наукой. Например, достижение необходимой износостойкости и надежности элементов технического средства при их взаимодействии целесообразно использовать природные закономерности через изменение условий (увеличение площади трения, замена изгиба и растяжения сжатием, трения скольжения – трением качения и т.д.) функционирования [2].

В технической теории, наряду с фундаментальными естественно-техническими принципами следует выделить целый ряд более частных собственно технических принципов, которые составляют значительный раздел технического знания в методическом арсенале технических наук.

К техническим принципам, теоретическое обоснование которых составляет собственно технические знания, относятся, например [4]:

- технический принцип секционирования, при котором технический эффект достигается путем разделения машин на секции и образования производных машин набором унифицированных секций;
- принцип дублирования, основанный на многократном повторении, обеспечивающем повышение эффективности технических систем;
- принцип агрегатирования, на базе которого создаются технические средства путем сочетания унифицированных автономных узлов, блоков, устанавливаемых в различном числе и комбинациях и другие принципы.

Наиболее ответственной задачей при проектировании технических систем, особенно систем с повышенными техническими требованиями, каким является самолет, это задача оптимального кинематического, динамического и прочностного синтеза схемных решений в технических системах, задача повышения надежности и точностных характеристик отдельных механизмов и самолета в целом [5].

В условиях научно-технической революции, бурного развития техники и, в частности, самолетостроения, летательный аппарат представляет собой не отдельную машину, а совокупность взаимосвязанных аппаратов и машин. Поэтому изучение отдельно взятой машины или агрегата утрачивает свое доминирующее значение. Это выдвинуло задачу разработки принципиально новых теоретических основ создания технических комплексов. Выбор их схем должен производиться при помощи методов статистики, логики, структурно-логического анализа, исходя из таких требований как эффективность, качество, надежность, способность функционировать в изменяющихся условиях.

Современная теория машин находится в стадии существенного обогащения, вызванного переходом от создания отдельных машин к созданию автоматических систем, технических комплексов, автоматических систем с переменной структурой, роботов.

В решениях правительства поставлены конкретные задачи, заключающиеся в необходимости «повысить технический уровень и качество продукции машиностроения, средств автоматизации и приборов, значительно поднять экономичность и производительность выпускаемой техники, ее надежность и долговечность, существенно увеличить производство систем машин и оборудования, автоматических манипуляторов с программным управлением, позволяющим исключить применение ручного квалифицированного и монотонного труда, особенно в тяжелых и вредных для человека условиях» [2].

Необходимость создания машин с оптимальными параметрами требует применения методов, обеспечивающих получение этих параметров. Это достигается формализацией методов синтеза конструктивных решений и сопутствующих им расчетов, созданием унифицированной методики проектирования машинных комплексов с помощью универсальных и специализированных быстродействующих вычислительных средств.



Функция теории машин, как и всякой научной теории, состоит не только в систематизации, обобщении и объяснении эмпирических законов, но и в предвидении неизвестных явлений и закономерностей на основе познаний сущности изучаемого круга явлений. Таким образом, становится возможным прогнозирование путей развития науки, выделение новых направлений. Ученые, разрабатывающие общую теорию машин, указывают например, что появление манипуляторов и промышленных роботов будет означать новый этап развития автоматизации производства, а следовательно, и развития теории машин [2].

Важную роль в развитии механики играют специфические проявления эмпирического и теоретического знаний и их взаимосвязь. К эмпирическому знанию относятся опытные данные, списание технических результатов экспериментов с помощью естественного и специального языка. В машиноведении ему принадлежит исключительное значение. Это видно из того, техническое знание для реализации своих функций не только всегда должно быть оформлено в логически стройную законченную теорию, но непременно при этом должно быть эмпирически обоснованным. Оформление его в научную теорию может последовать значительно позднее. И, кроме того, для прикладных вопросов, как сказал академик А.П. Крылов: «Нет надобности производить вычисление по абсолютно точным формулам и с совершенной точностью, лишь бы была уверенность, что происходящая от этого погрешность не превышает тех пределов, которые в данном случае допускаются» [4]. Эти требования определяются функциональным назначением науки «Механика». Техническое знание является прикладным знанием специального назначения. Практическая ориентированность технического знания определяет содержание и направленность его понятия, накладывая известное ограничение на применение формальных способов исследования, предопределяет большое количество крайне динамичных микротеорий, небогатых по логическому аппарату и узких по сфере применения [2]. Этим оно значительно отличается от фундаментальных исследований в естествознании.

В силу исключительной роли эмпирического знания в технике нередко имеет место недооценка теоретического знания. Не учитывается, что эксперименты по общему правилу не могут сами по себе окончательно решить вопрос о сущности технических явлений, не могут и дать новую теорию.

В настоящее время четко обозначилась тенденция к повышению роли теоретического знания. Главным обстоятельством, обусловившим необходимость технических наук на более высокий теоретический уровень, явилась необходимость создания сложных технических комплексов, функционирующих на принципах обратной связи, самоорганизации, самообучения. Здесь эмпирические законы оказываются недостаточными: создание идеальных моделей таких систем невозможно без знания сущности технических явлений.

Широкое использование математических методов и понятий кибернетики – важная закономерность в развитии современного технического знания. «Математизация» знания – это особенность, присущая любой области современного научного знания [5]. Но по масштабам проникновения математического знания в технические науки, в том числе и в механику, по широте использования методов, по каждодневности применения математического аппарата технические науки не имеют себе равных среди других областей знания. Можно сказать, что инженеру всегда нужны цифры и формулы. Объясняется это двумя обстоятельствами [1]:

- техническое знание, как всякое прикладное, способно выполнять свои функции только в том случае, если накопленные знания отражают технические явления с полнотой, предполагающей математическое их описание;

- новейшая техника представляет собой сложные динамические системы, функционирование которых носит циклический характер, в силу чего решение технических задач связано с многими разделами математики.

Современный самолет, например, объединяет транспортные, энергетические, информационные и другие машины и аппараты. Проектирование такой технической системы представляет сложный процесс синтеза оптимального варианта, который строится как комбинация большого числа варьируемых переменных в условиях неточной информации. Решение этой задачи требует системного анализа и теории исследования операций.

Методы математики в технических науках выполняют различные функции [3]:

- математическое описание отдельных процессов, характеризующее технические объекты;

– математический анализ технических объектов, математическое моделирование их.

Важное значение имеет развитие робототехники. Она несет важную методическую функцию в техническом знании.

В механике все познавательные задачи и действия обусловлены идеей создания технических средств. Задача состоит в том, чтобы совместным усилием специалистов в области естествознания, технических и общественных знаний в единую стройную общую теорию технических систем, в которой определенным образом должны быть обобщены, синтезированы технические теории и технические знания, используемые в проектировании технических систем.

В области технических наук, в механике в частности, основными задачами следует считать эффективное использование теории в прикладных целях. Это прежде всего повышение качества, надежности, экономичности и производительности, уменьшение шума и вибраций машин, оборудования и других изделий машиностроения, снижение их материалоемкости и энергопотребления.

Все эти вопросы непосредственно связаны с укреплением оборонного могущества нашей страны, ее вооруженных сил, которые располагают всем необходимым для отпора любому врагу, высокой технической оснащенностью, воинским мастерством, несокрушимым моральным духом. Обеспечение прочного мира, защита права народа на независимость и социальный прогресс – неизменные цели политики нашей страны.

Важнейший фактор обеспечения безопасности Родины – постоянная боевая готовность. Борьба за нее составляет главное в деятельности командиров, личного состава армии и флота.

Здесь важно то, чтобы каждый воин глубоко сознавал, что минуты и секунды, которыми измеряется применение к бою оружия и техники, наполнены смыслом не только военного, но и социального значения.

Курсанты высших военно-учебных заведений обязаны глубоко освоить весь арсенал научного знания, непрерывно совершенствовать не только профессиональную подготовку, но расширять общую научную эрудицию, изучая методы так называемых стыковочных наук и теорий.

Специфика познавательной деятельности курсантов применительно к механике находит свое выражение в освоении ряда общенаучных эмпирических и логических методов: наблюдение и эксперимент, анализ и синтез, сравнение и аналогия, восхождение от абстрактного к конкретному, единство исторического и логического подхода. Кроме того, глубокое изучение механики тесно связанного с математикой, физикой, кибернетикой и другими науками, позволяет курсантам освоить ряд специальных методов познания, которые расширяют возможность дальнейшего повышения их профессиональной подготовки, служат фактором формирования военно-научного стиля мышления.

Изучение курса механики преследует цели [5]:

- выработку у курсантов определенного мировоззрения;
- формирование знаний о качестве работы деталей и узлов самолета в процессе его эксплуатации;
- выработку умения практического использования теоретических знаний и практических навыков при решении прикладных военно-технических задач в области профессиональной подготовки;
- приобретение общеинженерных знаний, способствующих глубокому и полному изучению конкретных образцов авиационной техники, грамотной ее эксплуатации.

#### **Список литературы:**

1. Гурин В.В., Тихонов В.В. Механика. Учебник для ВУЗОВ. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 366 с.
2. Приходько М.Г. Механика. Учебник для военно-воздушных сил. – СПб. : Изд-во Салют, 1966. – 322 с.
3. Олофинская В.П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий. – М. : ФОРУМ – ИНФРА-М, 2007. – 349 с.
4. Марченко С.И., Марченко Е.П., Логинова Н.В. Теория механизмов и машин. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 256 с.
5. Канторович С.С., Пермикин Д.В. Механика : Учебное пособие. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2012. – 88 с.

УДК 159.952

**МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ ОБЪЁМА ПАМЯТИ  
И КАЧЕСТВА ВОСПРИЯТИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА  
В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ КУРСАНТОВ**



**METHODS OF INCREASING THE AMOUNT OF MEMORY  
AND THE QUALITY OF PERCEPTION OF EDUCATIONAL MATERIAL  
IN THE PROCESS OF CADETS' EDUCATION**

**Колесников В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Энсис Е.И.**

кандидат психологических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru.

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** При проведении интерактивного учебного процесса особое внимание было уделено качеству восприятия учебного материала.

Соблюдение разработанных правил эффективного использования времени за счет методик, предложенных преподавателем, позволяет ускорить темп мышления и объём воспринимаемого учебного материала курсантом с низким уровнем сообразительности.

**Ключевые слова:** образование, обучение, объём памяти, тип мышления, синдром дефицита внимания, гиперактивность.

**Kolesnikov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Ensis E.I.**

PhD in Psychological Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** When studying the interactive learning process, special attention was paid to the quality of perception of the educational material.

It is established that compliance with the developed principles of effective use of time allows you to accelerate the pace of thinking and the amount of perceived educational material by a cadet with a low level of intelligence.

**Keywords:** education, training, memory capacity, type of thinking, attention deficit disorder, hyperactivity.

**В** учебном процессе преподаватель должен различать понятия «обучение» и «образование».

*Обучение* – это процесс наработки информационно-оперативного интеллекта для понятийности и логико-аналитического мышления. Обучением занимаются учреждения среднего образования и начальные курсы высшего образования.

*Образование* – это процесс наработки интуитивного интеллекта на базе синтеза знаний и образного мышления.

Рассмотрим психическое состояние курсанта-стандартника, пребывающего в «бета»-состоянии, которое является препятствием для успешного образования. Поэтому ниже приведём рекомендации для его преодоления.

Кроме «мёртвых» и «запретных» зон, блокирующих работу памяти, ещё одним из основных препятствий является состояние тревожности.

*Тревожность* есть постоянное напряжение и нервозность, в основе которого лежит беспокойство от внешних воздействий и прошлого опыта.

Особенность этих состояний объясняется тем, что курсант пытается избежать конфликта, со страхом настраиваясь на худший исход.

В настоящее время наблюдается повышение числа гиперактивных состояний курсантов, что рассматривается как явление повышения напряжения в церебральных сосудах коры головного мозга, провоцируемое астрофизическими факторами (например, активностью солнца) или патологией при родовой деятельности.

Даются следующие рекомендации преподавателю для устранения этих состояний:

- вначале занятия преподаватель определяет курсантов, склонных к гиперактивным состояниям;
- затем он создает условия для вхождения курсантов в состояние «внутренней тишины» с глубокой релаксацией (1–2 минуты);
- при рассмотрении учебной темы преподаватель проводит корректировку ментального процесса курсантов, активируя их мотивацию;
- в дальнейшем преподаватель привлекает их к активным формам обучения.

Ещё одним негативным психическим состоянием, влияющим на образование, является депрессия. Депрессия курсанта возникает из-за низкого уровня энергии, отсутствия удовлетворения и мотивации.

Согласно проведенным исследованиям [1, с. 106] курсанты чаще всего «зациклены» на тревожно-депрессивных фиксациях, приводящих к конфликтному поведению. Конфликт фиксирует поток времени, блокирует ментальные энергетические потоки, что приводит к расстройству нервной системы, в результате чего в головной мозг не поступает серотонин, который отвечает за настроение и работу памяти.

У курсантов с негативным мышлением отсутствует ясность мышления, и они имеют проблемы с памятью, плохо удерживают внимание во время учебного занятия.

Способом стимуляции мозговой деятельности таких курсантов является ментальная релаксация для стабилизации работы нервной системы, проводимая в начале занятия. Такая стимуляция вызовет появление успокаивающих волн «альфа»-диапазона, устраняющих гиперактивные возбуждения головного мозга.

Гиперактивность является синдромом дефицита внимания. Неустойчивость внимания, отвлекаемость, дезорганизованность, отсутствие внутреннего контроля – ключевые симптомы гиперактивности.

Согласно тестированию, 35 % опрошенных курсантов имеют такие симптомы. Лобная доля головного мозга курсанта, призванная играть роль мозгового контроллера, в полной мере не достигает раскрытия своего потенциала, необходимого для успешного освоения учебного материала. Она лишена способности к образному мышлению и тем более стратегическому. Низкая активность их головного мозга ограничивает доступ к его ресурсам, поскольку мышление таких курсантов имеет когнитивную вязкость с примесью негативной психологии. Для этих личностей характерна вспыльчивость и конфликтность, что препятствует формированию и поддержанию командного навыка в учебной группе.

Для повышения невербального интеллекта таких курсантов преподавателю и воспитателю необходимо дать им следующие указания:

- отказ от алкоголя и никотина;
- ограничение по времени от компьютерных игр;
- исключить в общении использование крика, так как он стимулирует мандалину лобной зоны, и гнев кричащего становится для них «лекарством», вызывая от него зависимость.

Приведём рекомендации преподавателям для стимулирования курсантов к образованию:

- активизировать внимание «рассеянных» курсантов путем концентрации их направленной энергии сознания на конкретный объект, при этом луч внимания формируется как свободный поток;
- учитывать, что у таких курсантов нет сил для долгого поддержания внимания (не более 15 минут), поэтому в них возникает сомнение и равнодушие при продолжительном восприятии учебного материала;
- иметь в виду, что основным «желанием» для таких курсантов являются еда и секс;
- принимать решение с верой в собственные силы, сдерживая при этом природную эмоциональность для исключения опрометчивых решений;

- доверять своей личной силе через постепенное совершенствование сознания;
- понимать, что личная сила и опыт создают позитивный настрой в аудитории для конструктивного обмена энергиями между участниками учебного процесса;
- уметь разрешать ситуации, не предусмотренные учебным процессом;
- правильно интерпретировать ситуацию, которая диктует решение;
- учить не только знанию, но и не менее важному умению находить необходимую информацию и работать с ней;

Для курсантов с синдромом дефицита внимания необходимо иметь апробированные методики по совершенствованию работы органов чувств и восприятия, что позволит развить в курсантах требуемые навыки для адекватной интерпретации возникшей ситуации и правильного выбора необходимого решения.

Избыточный стресс и состояние гиперактивности в курсантах нарушает циркуляцию крови в височных долях головного мозга, отвечающих за внимание, и в лобных долях, отвечающих за чрезмерную эмоциональность. Избыточный стресс отражается на памяти, ухудшая метаболическую активность мозга, и затуманивает ум, мешая ясности принятия решения.

Ясность памяти, необходимая для принятия правильных решений, требует не только невозмутимости от курсантов, но и мотивации и смысла в выполняемых действиях, которые должны быть аргументированы преподавателем по каждой изучаемой теме.

Мотивация и понимание смыслов способствуют активизации префронтального отдела головного мозга и должны вызвать интерес у курсанта к раскрываемой теме. Для этого преподаватель должен указать направление поиска решения на поставленную задачу при раскрытии темы. Причём строить свою деятельность он будет на основе синтеза знаний, так как это будет активизировать все отделы головного мозга, в которых осуществляется поиск оперативной информации, полученной ранее. Если же этому будут чиниться препятствия в виде эмоциональных и ментальных блоков, то гипоталамус не выдаст необходимую информацию. Для этого курсанту необходимо дать время для обретения эмоциональной уравновешенности, а затем и состояния «внутренней тишины». В результате этого активизируется кровообращение, обеспечивая симметрию двух полушарий, после чего гипоталамус выдаст необходимую информацию. Затем преподаватель ставит перед курсантом задачу – как и где применить эти знания.

Эффективный процесс мышления при симметричности двух полушарий позволит сознанию курсанта с дефицитом внимания креативно мыслить и получить интуитивное решение поставленной задачи. Полученные оптимальные решения при креативном мышлении создадут образы и образ действия, в результате чего мировоззрение курсанта расширится, и сознание потребует дополнительного поиска синтетических знаний для понимания темы. Курсант в дальнейшем сам выстроит линию действия при самостоятельном обучении (на самоподготовке) или при участии в научно-исследовательской работе; для него острой необходимостью станет управление памятью [2, с. 118, 252].

Рекомендации преподавателю для повышения *объёма памяти* курсантов:

- уметь забывать ненужную информацию;
- формировать намерение;
- научиться ощущать время;
- научиться управлять темпом времени;
- осознавать свои действия в пространстве;
- уметь соединить пространство и время.

Так как память связана с умом, то курсант имеет бессознательную привычку разбивать этот Информационный (мыслительный) поток на фрагменты. Ум обладает способностью «разрезать» сознание на мыслеформы, при этом пытается контролировать и управлять процессом. Оперативная и долговременная память блокируется, а в них хранится доступ к ранее полученным знаниям.

Преподаватель при взаимодействии с курсантами должен использовать базисную память так, чтобы переводить память прошлого в память настоящего. Этот процесс произойдёт в том случае, если курсанты и преподаватель привносят в учебный процесс новые знания, которые вытесняют старые. Так нарабатывается автоматизм памяти.

При симметричности и синхронности работы двух полушарий сознание курсанта пребывает в настоящем времени, поток которого способен извлечь необходимую информационную память, пользуясь «высшими» знаниями.

Если же эти условия не исполняются, то линейный ум преобладает над сознанием, фиксирует ментальный поток, дробит его на части, и поэтому курсант получает фрагментарные знания, нарушая целостность знаний. В результате выбор будет неправильным, а действия будут ошибочными. Преподаватель вовремя должен совершить *коррекцию* мышления курсантов для исключения ошибок.

*Ошибки* бывают случайные и закономерные.

*Случайные ошибки* – это ошибки, которые допускают курсанты при невнимательном оперативно-цифровом сборе информации.

*Закономерные ошибки* – это ошибки, которые совершают курсанты при выборе неправильных направлений в решении задач.

Если же анализ проводить чрезмерно детально, то упускается один из важных факторов учебного процесса – эффективность использования времени. Если же проведен поверхностный анализ, то в дальнейшем будет совершено еще больше ошибок, поэтому курсанту необходимо допустить в себе состояние «внутреннего сожаления».

*Сожаление* – это осознанный процесс отслеживания неправильности принятого решения.

Преподаватель должен направить внимание курсанта на размышление, чтобы осуществить интеграцию приобретённого опыта, т.е. признать отсутствие информационной недоработки и неумения пользования информацией на основе синтеза знаний.

Информационная насыщенность, наоборот, рождает в сознании курсанта сомнение в его мировоззрении, что преподаватель трактует неправильно и необоснованно требует дополнительной информации для выбора решения. В этом случае преподаватель должен предложить курсанту новую методику для исключения возникающих ошибок [1, с. 79, 133]. При информационных перегрузках курсанту следует соблюдать вышеперечисленные рекомендации, а затем уйти на самоподготовку. Тогда ум курсанта в своём сознании запишет все новое, что произошло с ним. Запись воспринимаемого материала происходит в телесном сознании, что будет являться приобретённым опытом. Память приобретённого опыта хранится в гипоталамусе и мембране клетки.

Таким образом, для поддержания интерактивного учебного процесса преподавателю необходимо особое внимание уделить курсантам с дефицитом внимания.

Соблюдение правил эффективности использования времени за счет методик, предложенных преподавателем, поможет ускорить темп мышления курсантов с низким уровнемсообразительности.

Рассмотрим и предложим ещё ряд рекомендаций для повышения ресурсов головного мозга, в частности для ростасообразительности курсанта.

Повышая ресурс работы головного, воспитатель и педагог активизируют перспективные возможности курсанта на смекалку исообразительность.

Ресурс головного мозга позволит увеличитьсообразительность за счёт работы дополнительных зеркальных нейронов, которые помогут справиться с непредвиденными обстоятельствами и функциональными повреждениями головного мозга. В результате формируются новые нейронные связи для воспитания полезных навыков [1, с. 111].

Поддержание позитивного мышления и правильного образа жизни для курсанта увеличит не только егосообразительность, но и стрессоустойчивость.

Способы наращивания *резервов* головного мозга следующие:

- единомышление;
- синтез наук;
- творчество;
- позитивное мышление;
- релаксация, спорт, физическая активность;
- здоровое питание;
- интуиция.

Эти способы наращивания резервов головного мозга обеспечивают функциональный нейрогенез образования новых аксонных связей.

*Нейрогенез* – это рождение новых нейронов в результате разрушения старых аксонных связей между нейронами и восстановления их до нормального уровня [3, с. 112]. Мозг все время выполняет функцию правильного баланса нейронов, т.е. ис-

полняет саморегуляцию, но при этом курсант должен избегать крайностей в своих пороках (например, «страх-возбуждение»). Рекомендации для контроля *нейрогенеза*:

- самоконтроль и самоподготовка;
- свобода воли и выбора;
- умеренность во всем и отсутствие крайностей;
- умение формулировать мысли и выражать слова;
- спорт для согласованности работы рук, ног и глаз;
- полноценный сон;
- соблюдение правил дисциплины.

Изучая психофизику сознания и нейрофизиологию, преподаватель знакомится с синтезом знания. Приобретенные при этом знания помогут управлять контингентом курсантов с различным типом сознания и уровнем восприятия. Особое внимание преподаватель должен обратить на критическое поведение курсантов, а именно их агрессивность. Передняя часть их извилины, которая обслуживает кору височных долей и лобную кору, имеет деструктивные изменения, из-за этого проявляется грубость, насилие и трудность в обучении. Эмоциональная вспышка курсанта способствует физическому и эмоциональному насилию, а присутствие алкоголя и наркотиков лишь стимулируют этот процесс и снижают эффективность функций головного мозга, что приводит к кульминации – взрыву гнева, реактивным действиям. Реактивные действия исключают или снижают шанс для принятия правильного решения и действий.

Чаще всего у таких курсантов происходят «короткие замыкания» в нейронной сети. Преподаватель должен нивелировать их страх из-за незнания ими учебного материала, а также чувство вины и стыда, которые являются причиной этих замыканий, губительно влияющих на головной мозг. Такие кратковременные психологические состояния нельзя педагогу расценивать как странность, слабость воли или проблемный характер. Согласно опросу (тестированию) эти состояния вызывают у курсанта реальные страдания и имеют биологическую основу (дисфункцию мозга). Височные доли, лобная кора при помощи переключателя – базальных ганглий вызывают тревогу и хаос в нейрогенезе. Как итог, курсант не находит согласия с собой и не может взаимодействовать с преподавателем.

Рекомендации преподавателям:

- проявить сострадание к курсанту;
- помочь контролировать им эмоции и умело их направить;
- вывести из депрессии с помощью перемены восприятия;
- контролировать побуждения курсанта (секс, воровство, алкоголь).

**Вывод.** Для поддержания интерактивного учебного процесса преподавателю необходимо особое внимание уделить курсантам с дефицитом внимания.

Соблюдение правил эффективности использования времени за счет методик, предложенных преподавателем, поможет ускорить темп мышления курсантов с низким уровнем сообразительности.

Для активизации и оптимизации работы головного мозга преподавателю и воспитателю необходимо предусмотреть четыре психосоматических аспекта в сознании курсанта:

- дисциплинарный (взаимодействие с курсантом, исключение конфликта, подчинение согласно приказу, но не под страхом);
- психологический (воспитание, самооценка, сострадание, оздоровление мыслей);
- нравственный (смысл, экология мышления, отсутствие сквернословия);
- физиологический (питание, спорт).

### Список литературы:

1. Энсис Е.И., Колесников В.П., Терехов В.В. Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний: монография. – Краснодар : Издательский дом – Юг. – 194 с.
2. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.

3. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
4. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
5. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
7. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
9. Грошев Р.В. Подготовка военных кадров во второй половине XX века // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 3 (3). – С. 25–33.
10. Грошев Р.В. Периодизация военного образования отечественных военно-воздушных сил // Военно-исторический журнал. – 2018. – № 11. – С. 50–56.
11. Лукашенко Д.В., Грошев Р.В. На пороге прорыва: проблемы и векторы развития образовательных систем // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2018. – № 9. – С. 6–10.
12. Грошев Р.В. Организационно-педагогические условия развития отечественной системы образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 2 (6). – С. 117–121.
13. Грошев Р.В., Парфенов М.В. Эволюция органов управления военным образованием // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 3 (7). – С. 14–18.
14. Грошев Р.В., Лютов Д.И. Изменения в порядке организации и осуществления образовательной деятельности по программам высшего образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 4 (8). – С. 167–170.
15. Грошев Р.В. Военно-образовательная политика СССР второй половины XX века в контексте подготовки летных кадров // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 2 (2). – С. 91–97.



УДК 336.6

## К ВОПРОСУ О РИСКАХ ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТОВАНИЯ В РОССИИ



## ON THE ISSUE OF MORTGAGE LENDING RISKS IN RUSSIA

**Медведева В.В.**

бакалавр,  
Кубанский государственный аграрный университет  
medvedevav347@gmail.com

**Жучкова В.В.**

кандидат физико-математических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@yandex.ru

**Аннотация.** Совершенствование жилищной сферы любого развитого государства уже не возможно, представить без развития ипотечного кредитования. Ипотечное кредитование занимает одну из ключевых позиций в обеспечении населения доступным жильем, способствуя решению жилищных проблем граждан. Развитие ипотечного кредитования на российском рынке характеризуется ростом темпов и объемов кредитования, снижением процентных ставок, реализации разнообразных государственных программ поддержки жилищного кредитования и ипотеки. Риски с которыми сталкиваются кредитные организации в ходе обслуживания ипотечных кредитов: кредитный риск, процентный риск, риск досрочного погашения и риск ликвидности. Учет рисков ипотечного кредитования в деятельности кредитной организации предполагает необходимость использования обоснованного инструментария их оценки и управления.

**Ключевые слова:** ипотека, ипотечный кредит, рынок, риски, доступное жилье, процентная ставка, кредитный риск, процентный риск, риск досрочного погашения, риск ликвидности.

**Medvedeva V.V.**

Bachelor,  
Kuban State Agrarian University  
medvedevav347@gmail.com

**Zhuchkova V.V.**

PhD in Physical and Mathematical  
Sciences, Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@yandex.ru

**Annotation.** It is already impossible to imagine the improvement of the housing sector of any developed state without the development of mortgage lending. Mortgage lending occupies one of the key positions in providing the population with affordable housing, contributing to the solution of housing problems of citizens. The development of mortgage lending in the Russian market is characterized by an increase in the pace and volume of lending, a decrease in interest rates, and the implementation of various government programs to support housing lending and mortgages. Risks faced by credit institutions in the course of servicing mortgage loans: credit risk, interest rate risk, early repayment risk and liquidity risk. Taking into account the risks of mortgage lending in the activities of a credit institution implies the need to use reasonable tools for their assessment and management.

**Keywords:** mortgage, mortgage loan, market, risks, affordable housing, interest rate, credit risk, interest rate risk, early repayment risk, liquidity risk.

**И**потечное кредитование играет важную социальную роль в обеспечении граждан доступным жильем. Между тем, объем рынка ипотечного кредитования в Российской Федерации остается пока незначительным по сравнению с развитыми странами. Относительно молодой и неокрепший рынок ипотечного кредитования в России остается одним из самых уязвимых в период рецессии. Кризисные явления конца 2019 года обрушили показатели рынка ипотечного кредитования: объемы выданных ипотечных кредитов снизились в 2020 году почти вдвое по сравнению с предыдущим годом, ставки по кредитам выросли, увеличилась просроченная задолженность.

Необходимые меры, принятые правительством для поддержания рынка ипотечного кредитования, привели к его постепенному оживлению, и сейчас ипотечное кредитование переживает определенный рост, прежде всего, за счет снижения процентных ставок по выдаваемым ипотечным кредитам и за счет субсидирования ипотечных кредитов со стороны государства. В 2020 году по данным Банка России было выдано 1,09 млн ипотечных кредитов в рублях на общую сумму 2,03 трлн рублей, что на 37 % больше чем в 2019 году. Однако, несмотря на это, условия ипотечного кредитования остаются достаточно обременительными для большинства жителей нашей страны. Поэтому задача понижения стоимости ипотечного кредита для заемщика является первостепенной.

Ключевым элементом в ценообразовании кредитных ставок по ипотеке выступают ставки заемных средств, влиять на которые банк практически не может. Однако банк может снизить процентные надбавки за риски, возникающие у него в процессе об-

служивания ипотечных кредитов, путем более точной оценки этих рисков и проведения более эффективного риск-менеджмента [1].

Сокращение процентной надбавки за риск, в свою очередь, понизит стоимость ипотечного кредита для заемщика.

Основные риски, с которыми сталкиваются кредитные организации в ходе обслуживания ипотечных кредитов: кредитный риск, процентный риск, риск досрочного погашения и риск ликвидности. Учет рисков ипотечного кредитования в деятельности кредитной организации предполагает необходимость использования обоснованного инструментария их оценки и управления.

Стандартизированному подходу к оценке рисков ипотечного кредитования, принятому в большинстве российских банков, присущи определенные недостатки: банки вынуждены использовать стандартизированные оценки коэффициентов риска для расчета нормативов достаточности собственного капитала, которые не позволяют учесть особенности, присущие данному направлению деятельности банка в России. Учет этих особенностей обуславливает необходимость совершенствования методов оценки рисков на основе внутренних рейтингов, в условиях взаимосвязи основных рисков ипотечного кредитования и динамического характера процесса обслуживания ипотечных кредитов.

Ипотечное кредитование, как одна из основных сфер банковской деятельности, подвержена немалому количеству рисков. Причем риску подвержены все участники процесса кредитования, как на первичном, так и на вторичном рынке: кредиторы, заемщики, специализированные организации, организации-гаранты, и наконец, конечные инвесторы в ипотечные ценные бумаги. В целом, ипотечные кредиты менее рискованны, чем прочие, в силу наличия определенного обеспечения, которое может быть реализовано при дефолте заемщика. Кроме того, дефолты ипотечных заемщиков не такие частые, как дефолты по прочим розничным кредитам, из-за стремления заемщиков всеми силами сохранить заложенное имущество. Несмотря на это, как было отмечено в главе 1, из-за экономического кризиса доля просроченной задолженности россиян в последние годы растет, особенно по кредитам, выданным в иностранной валюте [2].

Основные риски, с которыми сталкивается банк в процессе осуществления ипотечного кредитования, перечислены в таблице 1 с приведением определений, принятых в академической литературе.

**Таблица 1** – Основные риски ипотечного кредитования

Вид риска	Определение
Кредитный (credit risk)	Возможность потерь вследствие неспособности заемщика выполнить свои обязательства перед кредитором вовремя и в полном объеме
Процентный (interest rate risk)	Риск возникновения финансовых потерь (убытков) вследствие неблагоприятного изменения процентных ставок по активам, пассивам и внебалансовым инструментам кредитной организации
Валютный (currency risk)	Возможность отрицательного изменения стоимости активов в связи с изменением курса иностранной валюты по отношению к национальной
Досрочного погашения (prepayment risk)	Возможность не получить часть процентного дохода из-за досрочного погашения ипотечных кредитов
Ликвидности (liquidity risk)	Возможность возникновения дефицита наличных средств или иных высоколиквидных активов для исполнения обязательств перед контрагентами

### **Оценка кредитного риска**

При стандартизированном подходе к оценке рисков ипотечного кредитования согласно Инструкции Банка России № 180-И:

– кредит, предоставленный физическим лицам на приобретение жилой недвижимости, исполнение обязательств по которому полностью обеспечено жилой недвижимостью, имеет коэффициент кредитного риска 0,5 (50 %) при условии, что:

- сумма основного долга не превышает 50 млн руб.;
- договор ипотеки зарегистрирован в Едином государственном реестре прав на недвижимое имущество и сделок с ним;
- размер ссуды не превышает 50 % стоимости недвижимого имущества (при этом стоимость предмета залога уменьшается на величину страховой суммы по договору страхования ответственности заемщика);
- соотношение годового дохода заемщика к совокупной годовой сумме платежа (основной долг + проценты) на дату выдачи ссуды 2,5 и более;
- заложенное имущество застраховано не ниже суммы обеспеченного ипотекой обязательства.

Кроме того, в связи с ужесточением требований Базельского комитета к сделкам секьюритизации, ЦБ РФ также ввел поправки и установил коэффициент риска по вложениям в облигации младших траншей ценных бумаг, выпускаемых в рамках сделок секьюритизации, в размере 12,5 (1250 %), а для прочих траншей – 1 (100 %). Младший транш наиболее рискованный, и банки обычно оставляли его на балансе для того, чтобы покрыть убытки по старшему траншу, который продается на рынке инвесторам. Введение такого жесткого коэффициента риска по младшему траншу ставит под угрозу привлекательность сделок секьюритизации для банков [3].

В ноябре 2020 года Ассоциация Российских Банков (АСБ), обеспокоенная судьбой рынка секьюритизации, обращалась к регулятору с просьбой о снижении норматива, однако получила отказ со ссылкой на ужесточение требований к сделкам на мировом уровне. В результате новые требования снизили привлекательность сделок секьюритизации для банков. Хотя эти требования и не коснулись банков, которые не делят облигации на транши, таких банков не так уж и много. Пока рано говорить о снижении темпов секьюритизации, потому что, наряду с использованием младшего транша для подстраховки старших траншей, может также быть сформирован специальный резерв. Некоторые банки после введения новых требований продолжили наращивание секьюритизируемых активов, прибегая к этому методу.

Банки могут оценивать вероятность дефолта и уровень потерь в зависимости от рейтинговой системы, построенной внутри банка. Банк сам принимает решение об отнесении заемщика к тому или иному рейтингу в зависимости от характеристик заемщика и финансового инструмента. Для ипотечных заемщиков отнесение к тому или иному разряду рейтинговой шкалы должно происходить в процессе андеррайтинга (оценки кредитоспособности заемщика). Внутренние рейтинги ипотечных заемщиков присваиваются на долгосрочной основе (более одного года) и отражают возможность заемщика исполнить свои обязательства с учетом возможного будущего ухудшения экономических условий или наступлений непредвиденных событий. При этом не реже раза в год банку необходимо проверять правильность отнесения кредитного требования к тому или иному рейтинговому диапазону [4].

Внутренние модели банков, которые используются для отнесения заемщиков к тем или иным кредитным рейтингам, должны обладать высокой прогнозной точностью, а все факторы, включенные в модель, должны быть статистически значимыми. Кроме того, банком должен проводиться постоянный мониторинг работоспособности и точности модели, а также стресс-тестирование модели. Для каждого разряда рейтинговой шкалы банк рассчитывает вероятность дефолта и, при продвинутом подходе, величину кредитного требования, подверженного дефолту.

### **Оценка процентного риска**

В соответствии с Положением Банка России процентный риск, оцениваемый в целях оценки достаточности капитала, касается системы ипотечного кредитования только в отношении ценных бумаг, которые являются инструментом секьюритизации.

В состав процентного риска входит специальный и общий процентный риск: специальный риск связан с рисками конкретных ценных бумаг, в то время как общий риск связан с рыночными колебаниями процентных ставок. При оценке специального риска секьюритизации используются коэффициенты, которые присваиваются ценным бумагам в зависимости от их рейтинга [5].

Общий процентный риск рассчитывается по всему портфелю ценных бумаг и производных финансовых инструментов. Для этого определяются чистые (длинные и (или) короткие) позиции по каждой ценной бумаге, затем они распределяются по временным интервалам, а затем суммарные чистые длинные и суммарные короткие позиции каждого временного интервала умножаются на соответствующий коэффициент взвешивания. Новое положение ужесточило требования к оценке процентных рисков секьюритизации.

### Оценка риска ликвидности

Ипотечный кредит выступает одним из основных показателей для расчета норматива долгосрочной ликвидности банка, который отражает риск потери ликвидности от размещения средств в долгосрочные активы (более одного года).

Мониторинг этого показателя помогает банкам не допустить чрезмерное ипотечное кредитование за счет краткосрочных пассивов. Превышение банком допустимого порога норматива в 120 % может свидетельствовать о риске потери ликвидности банка при изменении рыночной конъюнктуры [6].

С 2019 года банкам разрешено вычитать кредиты, которые переуступаются Агентству по ипотечному жилищному кредитованию (АИЖК), из показателя, что во многом снижает требования к показателю ликвидности и стимулирует банки к более активному рефинансированию своего ипотечного портфеля.

Таким образом, критический обзор российского рынка ипотечного кредитования последних лет и анализ тенденций изменения его основных показателей свидетельствует о сильной подверженности состояния рынка влиянию внешних экономических факторов. Уязвимость столь важного для страны института в условиях кризиса и масштаб возможных последствий дестабилизации системы ипотечного кредитования лишний раз подчеркивает необходимость и актуальность дальнейших исследований, направленных на поиск путей стабилизации системы. России нужен развитый рынок ипотечного кредитования, который будет более устойчив к различным внешним и внутренним экономическим потрясениям. Одним из способов достижения стабильности системы может выступать пересмотр существующей схемы ипотечного кредитования. В последнее время в стране активно внедряется американская двухуровневая схема ипотечного рынка. Основная задача работы данной схемы – привлечение более дешевых длинных денег в банковскую сферу [7, 8].

### Список литературы:

1. Алексеева П.А., Рачкевич А.Ю. Секьюритизация: характерные признаки и определение // Деньги и кредит. – 2018. – № 8. – С. 22–31.
2. Бабиков В.Г. Моделирование поведения кредитных портфелей и стресс-тест // Аналитический банковский журнал. – 2019. – № 10 (212). – С. 72–77.
3. Банковский менеджмент: учебник / коллектив авторов; под ред. д-ра экон. наук, проф. О.И. Лаврушина. – 4-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2019. – 560 с.
4. Белов И. Анализ и преимущества российских ипотечных ценных бумаг // Депозитариум. – 2019. – № 3 (138). – С. 24–27.
5. Инструкция Банка России № 180-И «Об обязательных нормативах банков» от 28 июня 2019 г. // Гарант: информационно-правовой портал [Электронный ресурс]. – URL : <http://base.garant.ru/71721584/> (дата обращения: 30.11.2021).
6. Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала: Уточненные рамочные подходы // Банк международных расчетов. – 2014. – 266 с.
7. Письмо Банка России № 70-Т «О типичных банковских рисках» от 23 июня 2004 г. // Вестник Банка России. – 2021. – № 38 (762). – С. 34–36.
8. Письмо Отделения № 1 Московского ГТУ ЦБР № 51-12-16/41005 «О международных подходах (стандартах) организации управления процентным риском» от 15 октября 2017 г. // Гарант: информационно-правовой портал [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/487716/> (дата обращения: 20.11.2021).

УДК 355.4

## ВЕРТОЛЕТ МИ-4. ВОИН И ТРУЖЕНИК



### MI-4 HELICOPTER. WARRIOR AND WORKER

**Молчанов В.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Новицкая М.Г.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Тимербулатов А.А.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** М.Л. Миль создал первый в СССР транспортно-боевой вертолет по одновинтовой классической схеме. Ми-4 получил золотую медаль на всемирной выставке в 1958 году. Эта машина на долгие годы стала основным вертолетом в армейской авиации и других силовых структурах. В аэрофлоте использовался во всех отраслях народного хозяйства, а также при освоении Арктики и Антарктиды. Оказал огромную помощь в развитии экономики и обороноспособности страны. Летал в советском небе до середины 80-х годов.

**Ключевые слова:** вертолет, Миль, потолок, экипаж, боевой, перевозки, модификация, рекорд, груз.

**Molchanov V.V.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Novitskaya M.G.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Timerbulatov A.A.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** M.L. Mil has created the first in USSR combat-transport helicopter, using mono-rotor classic scheme. Mi-4 was awarded with gold medal in 1958 global airshow. This vehicle has become the main helicopter of Army aviation and other structures for many years. In Aeroflot was used in all sectors of the national economy, as well as in the development of the Arctic and Antarctica. Provided tremendous assistance in the development of the economy on the country's defense capability. He flew in the Soviet sky until the mid-80s.

**Keywords:** helicopter, Miles, ceiling, crew, combat, transportation, modification, record, cargo.

*«Испытания каждого нового аппарата ставили перед инженерами конструкторского бюро новые острые проблемы».*

М.Л. Миль, генеральный конструктор

**В** мае 1945 г. после подписания акта безоговорочной капитуляции фашистской Германии, бывшие союзники по антигитлеровской коалиции стали готовиться к новой войне. В начале 50-х годов ее первые искры запылали на Корейском полуострове, началась проба сил. Оружие и техника Советского Союза, закаленные в боях Второй Мировой войны, оказались не по зубам американским воякам. Реактивные истребители МиГ-15, конструктора А.И. Микояна свели на нет работу стратегической авиации США, усеяв долину реки Ялудзян обломками «летающих крепостей». И только наличие большого количества вертолетов в армии и морской пехоте, позволили войскам ООН стабилизировать обстановку, остановить наступление северокорейцев на 58-й параллели.

Вертолеты спасали экипажи сбитых самолетов, сохраняя тем самым боевой потенциал авиации, высаживали и эвакуировали десанты в труднодоступных районах. Перевозили грузы, боеприпасы, доставляя раненых с поля боя прямо в госпитале.

Только за один день 12 машин совершили 262 вылета перебросив в нужную точку две тысячи солдат и 50 тонн груза. С помощью вертолетов американцам удавалось

спасти целые подразделения попавших в окружение. Военный успех винтокрылых машин привел к возникновению вертолетного бума во всем мире.

В октябре 1951 г. И.В. Сталин оценив роль, которую вертолеты могут играть в обороне страны поручил конструкторам М.Л. Милю и А.С. Яковлеву построить десантно-транспортные вертолеты, превосходящие лучшие зарубежные образцы. Однодвигательный однороторный на 12 человек изготовить К.Б. Миля, а двухдвигательный двухдвигательный на 24 человека К.Б. Яковлева. Самое трудное заключалось в том, что на проектирование и постройку, а также испытание обоих вертолетов был установлен срок в один год. Генеральные конструкторы пытались оспаривать сроки, но товарищ Сталин жестоко заметил, что, так как дело слишком запущено, ждать больше нельзя. Коллективам будет оказана неограниченная помощь, но предполагаемый срок окончательный и обсуждению не подлежит. Мудрый был вождь у Советского народа.

Как было принято в СССР, при создании вертолета Ми-4 предусматривалось в первую очередь его военное применение, а уж потом, если понадобится, то и гражданское. Исходя из этого и появилось его первоначальное обозначение В-12 или ВД-12 – вертолет десантный на 12 человек.

Для одновинтового вертолета, предназначенного для транспортировки войск и боевой техники, самыми подходящими были два варианта компоновок – с боковым расположением двух двигателей или с одним двигателем в носу, перед грузовым отсеком. Выбор пал на последний вариант, по типу вертолета И. Сикорского S-55.

К началу 50-х годов самым мощным отечественным вертолетным двигателем был АИ-26, различные модификации которого устанавливались на опытных вертолетах Братухина и Яковлева, серийном Ми-1. Однако даже два двигателя АИ-26В не позволяли построить транспортную машину в полном соответствии с заданными тактико-техническими требованиями.

В то же время в СССР серийно выпускался двигатель АШ-82, находившийся в эксплуатации свыше 10 лет, всесторонне испытанный, обладавший высокими ресурсом и надежностью. Но самолетный двигатель на вертолет так просто не поставишь. Для него необходимо создать систему принудительного охлаждения и редуктор.

Эти задачи взяло на себя «родное» ОКБ А.Д. Шевцова. В результате появился вертолетный двигатель АШ-82В взлетной мощностью 1700 л. с. и номинальной – 1530 лошадиных сил на высоте 1550 м.



Десантно-транспортные вертолеты Ми-4

Милевцы справились с поставленной задачей за 10 месяцев. Стране был крайне нужен большой вертолет. Министерства и ведомства делали все, чтобы помочь КБ. По строгому графику поставляли необходимые детали, агрегаты и материалы. Руководитель страны держал под неослабленным контролем ход работ, моментально устранялись заторы.

В апреле 1952 г. начались заводские испытания ВД-12, сразу выявившие флаттер лопастей несущего винта. Лишь после установки на них противфлаттерных грузов летчик-испытатель В. В. Виницкий совершил на Ми-4 первый полет. Однако участь вертолета была решена еще в 1951 г., когда параллельно с постройкой опытной машины началась подготовка к серийному производству.

После непродолжительных заводских испытаний вертолет поступил в ГК НИИ ВВС, где испытывался сразу в двух вариантах – транспортном и десантном.

Просторный грузовой отсек позволял перевозить 2 миномета калибром 82 мм с расчетами и 7 ящиков мин; пушку калибра 57 мм с расчетом и 1 ящик снарядов, два мотоцикла М-72 с колясками и 5 десантников; автомобиль класса ГАЗ-69 или до 16 десантников.

Не исключалась и внешняя подвеска. До 1960 г. ни одна из зарубежных машин не имела такой грузовой кабины. Это давало новому вертолету Миля известные преимущества на рынке продаж.

Как показали испытания, вертолет получился удачным. Максимальная скорость у земли достигла 186 км/ч, и лишь ограничения по прочности лопастей несущего винта, состоявших первоначально из стального лонжерона, деревянных нервюр перкалевой обшивки, не позволяли летать быстрее. На высоте 1600 м. скорость достигала 226 км/ч. Максимальная дальность с предельной коммерческой нагрузкой и перегрузочной полетной массой составила 570 км. Для того времени это были, безусловно, выдающиеся характеристики.

Фюзеляж Ми-4 сконструирован по двухэтажной схеме. Внизу, позади двигателя, расположена грузопассажирская кабина, вверху – пилотская. Конструктивно фюзеляж делится на основную часть, хвостовую и концевую балки.

Несущий винт – четырехлопастный, диаметром 21 м. Лопасты подвешены ко втулке с помощью горизонтальных, вертикальных и продольных шарниров. На осях вертикальных шарниров установлены фрикционные демпферы.

Рулевой винт – толкающий, изменяемого шага, с деревянными трапециевидными лопастями. Они крепятся к втулке с помощью горизонтальных шарниров. Управление вертолетом сдвоенное. В состав оборудования входили радиовысотомер РВ-2, ответчик СРО-2, радиостанция РСИУ-3М, автоматический радиокompас АРК-5, переговорное устройство СПУ-2Р. В носовой части под фюзеляжем размещалась подвижная стрелковая установка НУВ-1 с пулеметом ТКБ-481 калибром 12,7 мм и боекомплект 200 патронов.

В 1953 г. первые серийные Ми-4А поступили на войсковые испытания, по результатам которых было решено принять их на вооружение. Военные летчики-испытатели провели исследование при полетах в горах, над морем, днем и ночью в сложных метеорологических условиях, отработали методику выполнения посадок при отказе двигателя. Провели ряд специальных испытаний по боевому применению вертолета. На Ми-4 установили управляемое и неуправляемое ракетное вооружение, бомбы, торпеды, морские мины, а также пулеметы, пушки, гранатометы. Вертолет Ми-4, стал первым вертолетом поля боя, протоптав тропинку для знаменитого боевого Ми-24.

Одной из первых модификаций для нужд ВВС и ВМФ стал спасательный Ми-4С. Оснащенный необходимой аппаратурой и соответствующим оборудованием, он мог выполнять спасательные работы, как над сушей, так и над морем. Однако отсутствие поплавкового шасси ограничивало его возможности.

В соответствии с постановлением правительства СССР от 31 июля 1958 г. началась разработка поисково-спасательного вертолета Ми-4ПС, предназначенного для поиска терпящих бедствие в море и в труднодоступных районах с помощью радиотехнических средств. Вертолет построили на базе серийного десантно-транспортного Ми-4. На нем в дополнение к основному топливному баку емкостью 970 л установили еще два, общей емкостью 900 л, лебедку ЛПГ-2 и спасательную лодку ЯАС-5М-2.

Установили бомбодержатели для сброса световых морских маяков и специальных бомб-красителей водной поверхности. В грузовой кабине оборудовали место оператора РЛС, там же размещались спасательные средства и лебедка. Ми-4ПС должен был комплектоваться надувными баллонетами, прошедшими заводские испытания в период с осени 1959 г. по весну 1960 г. на Химкинском водохранилище.

Осенью 1959 г. проходил испытания вертолет-тральщик с системой дозаправки топливом от кораблей без посадки на палубу и надувными баллонетами для аварийной посадки на воду. Забегая вперед, отметим, что поплавковое шасси Ми-4 позволяло буксировать его за катером. Вертолет-тральщик предназначался для разведывательно-

го траления минных полей и протраливания узкой полосы в параде головного корабельного тральщика. Государственные испытания проводились на вертолете, с которого сняли гондолу стрелка и уменьшили запас топлива до 550 л. Полетный вес, в зависимости от времени года, колебался от 6328 до 6390 кг. Экипаж вертолета 2 человека. По результатам государственных испытаний машину рекомендовали для принятия на вооружение.



Боевой вертолет Ми-4 АВ

В 1959 г. был предъявлен на государственные испытания вертолет противолодочной обороны Ми-4М. В ходе испытаний выяснилось, что его летно-технические характеристики не соответствуют требованиям. Достаточно отметить, что продолжительность полета при нормальном полетном весе не превышала двух с половиной часов. Тем не менее, после доводки, в 1963 г. Ми-4М приняли на вооружение авиации ВМФ. В состав вооружения входили прицел ОПБ-1С, 100 бомб ПЛАБ-МК или 18 гидроакустических буев РГНБ общей массой 246 кг. Вертолет долгие годы стоял на вооружении авиации флота. В 1964 г. был разработан экспортный вариант Ми-4МЭ. Оборудование вертолета претерпело некоторые изменения. С 25 февраля по 30 марта 1964 г. вертолет прошел государственные испытания и поставлялся на экспорт.

На базе Ми-4М в 1963 г. создается первый отечественный вертолет-торпедоносец Ми-4Т. В дополнение к оптическому бомбоприцелу ОПБ-1Р установили прицел НКПБ-7. Вертолет мог использоваться в двух вариантах – бомбардировщика и торпедоносца. При неизменном полетном весе за счет увеличения запаса топлива дальность полета достигла 500 км вместо 246 км у Ми-4М. В качестве бомбардировщика вертолет мог доставлять к цели до 520 кг глубинных бомб ПЛАБ-25-120, ПЛАБ-50, УПЛАБ-50, ПЛАБ-250-120 в различных комбинациях.

В 1967 и 1968 г. ВПК принимает постановления о переоборудовании сначала 60, а затем еще 140 вертолетов в вариант Ми-4АВ, ставший первым отечественным вертолетом поля боя. На боковых фермах устанавливались бомбодержатели, кассеты 57-миллиметровых НАР и пусковые установки ПТУР «Фаланга» с радиокомандной системой наведения. Дополнительно устанавливались оптические прицелы ОПБ-1Р и лобовая БЛ-47А.

На этом перечень военных модификаций Ми-4 не кончается. Среди них были, например, летающие узлы связи наземных войск (при этом в грузовом отсеке устанавливалось несколько радиостанций), постановщики помех и т.д.



Вертолет Ми-4 П



В 1954 г. на базе Ми-4А разработали пассажирский вариант Ми-4П, рассчитанный на перевозку 10 человек и 200 кг груза. Ми-4П стал первым в СССР вертолетом, на котором начались регулярные пассажирские перевозки. В 60-е годы он обслуживал около 100 вертолетных линий. В эти же годы Ми-4П использовались для доставки авиапассажиров из московских аэропортов к центральному аэровокзалу на Ходынке. Было очень удобно: каких-то двадцать минут – и ты в центре столицы.

В том же году один из серийных вертолетов был переоборудован в сельскохозяйственный. Для этого он мог оснащаться опрыскивателем или опылителем. Запас твердых химикатов достигал 1000 кг, а жидких до 1600 кг.

Выпускался Ми-4 и в санитарном варианте, были даже летающие операционные. Ми-4А использовался при строительстве в Крыму троллейбусной линии Симферополь – Ялта, доставляя и устанавливая 22-метровые мачты контактной сети.

Ми-4 в различных модификациях поставлялся в 24 страны мира, в том числе в Индию, Испанию, Финляндию.

В 1954 г. вертолет Ми-4 впервые участвовал в воздушном параде в честь Дня авиации на аэродроме в Тушино. В 1955 г. в воздушном параде участвовало уже несколько вертолетов Ми-4, а в 1956 г. большая группа вертолетов Ми-4 в количестве 36 экземпляров продемонстрировала высокие тактические возможности вертолета в десантно-транспортных операциях, совершив посадку на Тушинском аэродроме и высадив крупный военный десант с пушками, тягачами и другой военной техникой.

Общеизвестно успешное применение вертолетов Ми-4 в Арктике и в Антарктике. В 1955 г. летчики В.П. Колошенко и В.В. Афонин совершили на двух вертолетах Ми-4 перелет из Москвы до полярной станции «Северный полюс 5», покрыв расстояние свыше 5000 км. После года напряженной работы в условиях Арктики был совершен обратный перелет по тому же маршруту

Благодаря своим высоким летно-техническим данным, большой эксплуатационной надежности и безопасности вертолет Ми-4 пользуется большой известностью не только в Советском Союзе. Он успешно применялся и за рубежом: в Чехословакии, Австрии, ОАР, Афганистане, Индии, Ираке.

О высоких летных данных вертолета Ми-4 достаточно красноречиво говорят всесоюзные и мировые рекорды, установленные на этом вертолете в разное время отметим наиболее значительные из них.

25 апреля 1956 г. был поднят коммерческий груз 2000 кг на высоту 6017,5 м (летчик Р.И. Капрэлян).

26 апреля 1956 г. коммерческий груз в 1000 кг был поднят на высоту 6056 м (летчик В.В. Виноцкий).

29 апреля 1956 г. на дистанции 500 км была достигнута средняя скорость 187,254 км/ч (летчик Б.В. Земсков).

26 марта 1960 г. коммерческий груз 1012 кг был поднят на высоту 7575 м (летчик Г.В. Алферов).

На Всемирной выставке 1958 г. в Брюсселе вертолет Ми-4 был удостоен диплома и золотой медали.

#### **Список литературы:**

1. Изаксон А.М. Самолетное вертолетостроение. 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1981. – 295 с.
2. Загордан А.М. Военные испытатели вертолетов МФПА. – М., 1996. – 352 с.
3. Гай Д.И. Вертолеты зовутся Ми. – М. : «Московский рабочий», 1976. – 160 с.
4. Крылья Родины // Научно-популярный журнал. – 1995. – № 3.

УДК 355.4

«ПЕРВЫЙ ФЛАГМАН АЭРОФЛОТА»



«THE FIRST AEROFLOT-FLAGMAN»

**Молчанов В.В.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Новицкая М.Г.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Тимербулатов А.А.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается истории создания уникального самолета А.Н. Туполева, Ту-114, который стал родоначальником целого семейства сверхдальних, межконтинентальных самолетов гражданского воздушного флота и частей дальней авиации страны. Отмечается его работа на линиях аэрофлота в ранге флагмана, межконтинентального пассажирского лайнера, который использовался для перевозки первых лиц государства.

**Ключевые слова:** Аэрофлот, флагман, авиаперевозки, экипаж, Туполев, лайнер, налет, СССР, межконтинентальный, Америка.

**Molchanov V.V.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Novitskaya M.G.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Timerbulatov A.A.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the history of the creation of a unique aircraft by A.N. Tupolev, Tu-114, which became the ancestor of a whole family of ultra-long-range, intercontinental aircraft of the civil air fleet and parts of the country's long-range aviation. It notes his work on the lines of Aeroflot in the rank of flagship, an intercontinental passenger liner, which was used to transport top officials of the state.

**Keywords:** Aeroflot, flagship, air transportation, crew, Tupolev, liner, raid, USSR, intercontinental, America.

*«Наш Ту-114 восхитил Америку.  
Пять тысяч любопытных ежедневно  
проходили через самолет. Особенно  
пришлось по душе американцам  
комфорт в салонах и просторность  
пилотской кабины, ее оборудование.  
На американских самолетах в пилотских  
кабинах теснота – нам завидовали».*

*А.П. Якимов – заслуженный летчик-испытатель*

**Х** Х век начался с первых попыток отрыва отчаянных одиночек от Земли с использованием крыльев и мотора, а закончился прорывом человечества в дальний космос. Авиация прочно заняла свою нишу, как в военном деле, так и на гражданском поприще.

Российская империя, тоже создавала свой воздушный флот. За короткий период частная авиационная промышленность при минимальной поддержке со стороны государства создали в России многочисленный воздушный флот. Благодаря трудам основоположников мировой авиационной науки Н.Е. Жуковского и С.А. Чаплыгина авиастроители России, перешли к конструированию авиатехники на основе научных расчетов. Был сформирован научно-технический задел, опережающий развитие мировой и отечественной авиации, который стал основой развития уже советской авиации.

Знаменитый Игорь Иванович Сикорский на базе своего бомбардировщика «Илья Муромец, создал первый в мире пассажирский самолет. Он был оснащен отдельным

пассажирами, спальными комнатами, туалетом и ванной, имелось отопление и электрическое освещение. В феврале 1914 г. этот самолет совершил первый полет с 16 пассажирами на борту. Так что России принадлежит пальмовая ветвь в создании пассажирских комфортабельных самолетов. Первая Мировая война, последующая революция и гражданское противостояние затормозили развитие авиации в России. Ошибки царских чиновников, тормозящих развитие собственного авиапрома, были учтены советской властью России. Вызывают восхищение быстрые темпы возрождения отечественной авиации. Уже 23 июня 1918 г. был проведен Всероссийский авиационный съезд. В январе 1920 г. еще в ходе гражданской войны, впервые в РСФСР начались регулярные рейсы на внутренних авиалиниях.



Флагман аэрофлота самолет Ту-114

9 февраля 1923 г. Советом Труда и Оборона, было создано Главное управление воздушного флота и Совет по гражданской авиации. В условиях международных санкций и агрессии, народы СССР совершили колоссальный социально-экономический и научно-технический прорыв, который сделал нашу Родину крупнейшей промышленной и авиационной державой.

Великая Отечественная война дала мощный толчок в развитии отечественной авиации. Несмотря на тяжелые потери, наша авиационная промышленность встала на ноги и дала мощный отпор агрессору. Фронт получил лучшие истребители, штурмовики и бомбардировщики, а в 1943 г. еще в разгар боев КБ С.В. Ильюшина и А.Н. Туполева начали проектировать новые пассажирские и транспортные самолеты. Верховный главнокомандующий маршал И.В. Сталин лично поставил задачу – для развития народного хозяйства СССР, создать новый авиапарк гражданских самолетов.

15 марта 1946 г. Наркомат авиационной промышленности СССР был преобразован в Министерство. Тысячи уволенных из армии летчиков пополнили семью Аэрофлота. Города, поселки, станицы получили свои аэропорты и отряды. В советском небе даже летали трофейные самолеты, доставляя почту и грузы, закрасив ненавистные кресты и заменив их эмблемой Аэрофлота. СССР как страна победитель выходила на международные авиационные трассы. Советские конструкторы и инженеры работали над престижем отечественной авиации разрабатывая и запуская в серийное производство самолеты и вертолеты, которые по своим характеристикам не уступали лучшим зарубежным образцам, а в ряде случаев превосходили их или вообще были уникальными.

В середине 50-х гг. в СССР возникла потребность в большом пассажирском самолете с дальностью полета порядка 10 000 км, который к тому же мог служить убедительным символом мощи советского государства на международной арене. В этот период авиапромышленность страны, опираясь на успехи в создании боевых тяжелых реактивных самолетов, смогла подойти к проектированию пассажирских и транспортных машин с использованием в их силовых установках новых ТРД и ТВД. Первым по этому пути пошло ОКБ А.Н. Туполева, и первым столкнулось с проблемой экономической целесообразности гражданских перевозок самолетами с реактивными двигателями. Ведь такая силовая установка расходовала значительно больше топлива, чем мощные поршневые двигатели, достигшие к концу 40-х гг. максимального совершенства.

Туполев избрал традиционный для себя способ: уже в 1956 г. он передал в эксплуатацию свой реактивный пассажирский первенец Ту-104, построенный на основе бомбардировщика Ту-16, а вторым шагом стала разработка межконтинентального лайнера Ту-114 на базе стратегического бомбардировщика Ту-95.

После проведения предварительных проработок руководство ОКБ-156 вышло в правительство с конкретными предложениями по новому дальнему пассажирскому авиалайнеру. 12 августа 1955 г. вышло Постановление Совета Министров СССР, а вслед за ним – соответствующий Приказ МАП, в которых, в частности, говорилось: «Туполеву и Белянскому спроектировать и построить на базе Ту-95 дальний пассажирский самолет Ту-95П («114») с четырьмя двигателями НК-12 и предъявить его на совместные заводские и государственные летные испытания (МАП, ВВС, ГУ ГВФ) во 2-м квартале 1957 г.

Обеспечить взлет с вертикальной скоростью 7-10 м/с на 3-х работающих двигателях, горизонтальный полет – на 2-х Ту-95П построить в трех экземплярах. Первый экземпляр построить на заводе № 156, второй и третий на заводе № 18 и передать их ГУ ГВФ налетные испытания в 3-м и 4-м кварталах 1957 г.».

Согласно Постановлению, Ту-95П должен был обладать максимальной скоростью 850–950 км/ч (на высотах 7000–8000 м), крейсерской скоростью 750–800 км/ч (на высотах 10000–12000 м), максимальной коммерческой нагрузкой 30 т, максимальной пассажироместимостью 170–180 человек, дальностью полета с коммерческой нагрузкой 15,5 т (100–120 пассажиров и груз) – 7500–8000 км.

Ставя задачи теперь перед ОКБ в целом, Андрей Николаевич так сформулировал основную идею машины: «Когда мы начали компоновать 114-ю, я подумал: неужели глава нашего правительства, направляясь за океан, будет целую неделю плыть на пароходе?.. Нет, нам для этого нужен самолет, и не в обычной компоновке, а смешанный вариант, в котором и правительству летать не зазорно, и народу будет хорошо».

Рабочее проектирование Ту-114 велось в течение двух лет, при этом конструкторы использовали не только опыт создания Ту-16 и Ту-95, но и Ту-104. По сравнению с последним, при проектировании Ту-114 был проведен значительно больший объем исследований на усталостную прочность элементов конструкции планера.

К середине 1957 г. в сборочном цехе опытного завода № 156 закончили постройку первого прототипа Ту-114, которому присвоили бортовой регистрационный номер СССР-Л5611, а позднее – собственное название «Россия». Машину перевезли на летно-испытательную и доводочную базу ОКБ в Жуковском. 28 октября 1957 г. Ту-114 был принят летной станцией для проведения заводских испытаний, которые официально начались 10 ноября. Через пять дней, 15 ноября экипаж во главе с ведущим летчиком-испытателем А.П. Якимовым впервые поднял самолет в воздух. К маю 1959 г. полеты по программе заводских испытаний были практически завершены. Всего самолет выполнил 119 полетов с общим налетом 247 ч.

Дальнейшие испытания и доводки проходили с участием не только опытной машины, но и первых двух серийных. Помимо ведущего летчика, на этом этапе Ту-114 поднимали в небо летчики-испытатели И.М. Сухомлин, М.А. Нюхтиков, штурман-испытатель К.И. Махасян, бортрадист Н.Ф. Майоров, бортинженер Л.А. Забалуев и другие специалисты.

Первое международное признание Ту-114 получил еще в период заводских испытаний. В 1958 г. машине присудили «Гран-при» на Всемирной Брюссельской выставке, где демонстрировалась ее модель. В том же году А.Н. Туполев за создание пассажирских лайнеров Ту-104 и Ту-114 был награжден Золотой медалью Международной авиационной федерации (ФАИ). Первый зарубежный демонстрационный полет Ту-114 состоялся 2 июня 1959 г., когда машина приземлилась в столице Албании Тиране. Оттуда 4 июня она отправилась в Будапешт, а 19-23 июня Ту-114 уже демонстрировался в Ле Бурже на 23-м международном авиасалоне. Во Франции самолет получил вполне положительные отклики среди специалистов и мировой авиационной общественности.

После возвращения в Москву на опытной машине заменили двигатели НК-12М на НК-12МВ, оборудованные системой автоматического аварийного всережимного флюгирования. После нескольких контрольных полетов с новой силовой установкой самолет подготовили к первому межконтинентальному перелету в США для участия в советской промышленной выставке в Нью-Йорке. 28 июня первый Ту-114, пилотируемый экипажем А.П. Якимова, с правительственной делегацией во главе с заместителем Председателя Совета Министров СССР Ф. Р. Козловым на борту вылетел в Америку. В течение 10 дней на аэродроме Айдл-Уайдп самолет был открыт для посещения. Его

осмотрели около 40 000 человек, а в книге отзывов появилось множество записей с восторженной оценкой. Естественно, не оставили Ту-114 без внимания и самолетостроительные фирмы США. Так, представители «Боинга» особое внимание обратили на gondолы и шасси, даже интересовались, можно ли получить их чертежи. 13 июля самолет возвратился в Москву.

В ходе подготовки этого перелета советские официальные представители передали американцам заявку, в которой указывалась путевая скорость 720–800 км/ч, что для самолета с ТВД звучало фантастически. Американцы решили проверить это, направив истребители для встречи лайнера на крейсерской высоте вдали от побережья США. Вскоре после прилета на официальном приеме А.Н. Туполева познакомили с одним из высших чинов американских ВВС. После взаимных приветствий руководитель ОКБ обратился к переводчику: «Ну-ка, переведи – ну что, проверили?» «Андрей Николаевич, я не совсем понял», – переспросил переводчик. Туполев повторил: «Переведи, переведи, только точно. Он-то поймет!» Американский генерал, услышав вопрос, сначала недоуменно посмотрел на Туполева, потом вдруг громко захохотал, хлопнул Андрея Николаевича по плечу и воскликнул: «Да, да, проверил, все олл-райт!»

15 сентября опытный Ту-114 вылетел в Вашингтон с делегацией во главе с Председателем Совета Министров СССР Н.С. Хрущевым. Пилотировал машину экипаж Якимова. Вторым летчиком был М.А. Нюхтиков, а кроме того, в состав экипажа включили пилотов ГВФ Н.М. Шапкина, К.П. Сапелкина, Н.Д. Солянова, Н.С. Анищенко и П.Ф. Яковлева. На Ту-114 еще даже простых пассажиров не возили, а тут Хрущева, да через океан! Но сам Никита Сергеевич мгновенно загорелся этой идеей.

В целом меры безопасности были приняты беспрецедентные. В Атлантике вдоль всей трассы полета через каждые 200 миль стояли советские суда. На борт самолета взяли большое количество резервных элементов из состава радио-, приборного и электрооборудования для ускоренной замены вышедших из строя. Да что говорить: полетный лист подписывали лично министр и Туполев, а визировали его более 50 главных конструкторов, чьи изделия стояли на Ту-114! На всякий случай в полет подготовили и второй опытный самолет под командованием И.М. Сухомлина. Но все прошло благополучно, лишь на обратном пути 27 сентября самолет попал в зону сильнейшей магнитной бури.

Государственные испытания продолжались до 22 июля, всего было выполнено 45 полетов продолжительностью 95 часов. Был намечен ряд мероприятий по совершенствованию самолета, его конструкция подверглась соответствующим доработкам, что, в свою очередь, потребовало дополнительных испытательных полетов. Они начались практически сразу же после формального окончания Госиспытаний и стали как бы их логическим продолжением.

В общей сложности все эти исследовательские программы потребовали 131 полета с налетом 407 ч. В декабре 1968 г. полеты на опытном самолете были прекращены, и 16 марта 1972 г. первый прототип перегнали в Монино и передали в экспозицию музея авиационной техники при академии имени Ю.А. Гагарина.

Серийный выпуск Ту-114 был развернут на заводе № 18 в Куйбышеве. По годам производство нового лайнера распределилось следующим образом: 1958 г. 2 машины; 1959 г. – 6; 1960 г. – 4; 1961 г. 6; 1962 г. – 6; 1963 г. – 4; 1964 г. – 4. Всего до конца 1964 г. завод № 18 выпустил 32 самолета.

В серии Ту-114 строился в варианте на 170 мест. При этом в переднем салоне размещался 41 пассажир, в среднем – 48, в 16-м ряду – 3, в купе – 24 или 12 (в спальном варианте) и в заднем салоне – 54 человека. С 1969 г. постепенно все 170-местные лайнеры переоборудовали в 200-местные, при этом в переднем салоне разместили 47 пассажиров, в среднем – 60, в 19-м ряду – 3, в заднем салоне – 90. В дальнейшем некоторое количество Ту-114 переоборудовали для перевозки 220 пассажиров.

В процессе производства постоянно обновлялся состав пилотажно-навигационного оборудования самолета, проводились доработки, позволявшие эффективно и безопасно эксплуатировать его на внутренних и международных линиях.

26 декабря 1960 г. временно исполнявший обязанности первого заместителя начальника Главного управления ГВФ генерал-майор авиации В. Башкиров издал при-

каз о начале подготовки к пассажирским перевозкам на Ту-114. Готовились самолеты и экипажи, наземные службы нескольких аэропортов и запасных аэродромов по маршруту первой намеченной к освоению линии Москва-Хабаровск. Постановление Совета Министров СССР № 41 о начале перевозок вышло 25 февраля 1961 г., а соответствующее решение руководство ГВФ приняло в марте.

Почти 16 лет успешно трудились Ту-114 на линиях Аэрофлота, находясь в ранге его флагмана вплоть до поступления Ил-62. При этом частота их полетов все время нарастала. Так, за период с 1962 по 1974 гг. среднегодовое количество полетов на 1 самолет увеличилось с 81 до 233, а среднегодовой налет – с 335 до 1430 часов. Однако самолет, созданный на базе бомбардировщика, не мог долго выдержать столь интенсивную эксплуатацию, и в 1973-1974 гг. в некоторых элементах конструкции машин ранних выпусков стали появляться усталостные трещины. По этим причинам, а также, очевидно, в связи со все более широким распространением Ил-62, начиная с 1974 г. Ту-114 стали постепенно списывать при достижении мизерного по современным понятиям налета 14000 ч. 17 декабря 1975 г. вышло Постановление Совмина, а затем Приказ МАП о полном списании самолетов этого типа, окончательно решившие судьбу Ту-114. За весь период эксплуатации средний налет на машину составил всего 10350 ч при 1930 посадках. Максимальный налет на самолет – 14500 ч. Всего до конца 1976 г. на Ту-114 было выполнено более 50000 полетов с суммарным налетом около 350000 часов и перевезено более 6000000 пассажиров.

Вскоре Ту-114 уже можно было встретить лишь в качестве памятников и учебных пособий. Правда, один самолет с заводским № 64М471, переданный ВВС и базировавшийся в Узине, числился в эксплуатации еще в начале 80-х гг. Опытная машина (СССР-Л5611) заняла место в экспозиции музея в Монино, один Ту-114 в начале 90-х гг. находился на территории авиаремонтного завода во Внуково, еще один установили на постамент у здания аэровокзала Домодедово, еще одна машина попала в экспозицию музея ГВФ в Ульяновске. В 80-е гг. два самолета были переданы для детских городков в Новгороде и Тюмени, а один попал в Кривой Рог (в училище ГВФ).

Ту-114 – самолет выдающийся, даже эпохальный для советской гражданской авиации. Он стал одним из самых первых в мире современных дальнемагистральных лайнеров. По топливной эффективности он превзошел все современные ему самолеты, включая зарубежные, и оставался среди лучших в этом отношении более 10 лет. Наконец, он приобрел весьма редкую репутацию исключительно безопасного самолета – с ним не случилось ни одной катастрофы во время выполнения регулярных рейсов.

#### **Список литературы:**

1. Кузьмина Л.М. Огненное сердце. – М. : «Московский рабочий», 1988.
2. Пономарев Б.А. Советские авиационные конструкторы. – М. : Воениздат, 1990.
3. Аэрохобби // Научно-популярный журнал Украины. – 1993. – № 2.
4. Национальный авиационный журнал «Крылья родины». – 2019. – № 5–6.

УДК 159.9

## АСТРОФИЗИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ НА СОЗНАНИЕ



## ASTROPHYSICAL INFLUENCE OF TIME ON CONSCIOUSNESS

### Колесников В.П.

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

### Энсис Е.И.

кандидат психологических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

### Терехов В.В.

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** Установлено, что в условиях усиления астрофизического влияния времени на сознание курсанта возникает нарушение ментального и эмоционального равновесия, из-за дисбаланса в работе двух полушарий: левое полушарие перегружено оперативно-информационным интеллектом, а правое – «заморожено» упрямым утверждением: «я знаю лучше». Показано, что поскольку сознание курсанта укоренено в трехмерной базовой реальности – ума, то силы намерения для него будет недостаточно для реализации своих творческих устремлений. Поэтому ему необходимо совершить эволюционный квантовый сдвиг сознания – повысить частоту собственных вибраций для прояснения фундаментальных истин. Разработан алгоритм для пошагового перехода на новый вибрационный уровень.

**Ключевые слова:** сознание, ментальное и эмоциональное равновесие, оперативно-информационный интеллект, сила намерения, квантовый сдвиг сознания.

### Kolesnikov V.P.

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

### Ensis E.I.

PhD in Psychological Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

### Terekhov V.V.

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** It is established that in the conditions of increasing astrophysical influence of time on the consciousness of the cadet, a violation of mental and emotional balance occurs due to an imbalance in the work of the two hemispheres: the left hemisphere is overloaded with operational information intelligence, and the right hemisphere is «frozen» by the stubborn statement: «I know better.» It is shown that since the cadet's consciousness is rooted in the three-dimensional basic reality of the mind, the power of intention will not be enough for him to realize his creative aspirations. Therefore, he needs to make an evolutionary quantum shift of consciousness – to increase the frequency of his own vibrations to clarify fundamental truths. An algorithm has been developed for a step-by-step transition to a new vibration level.

**Keywords:** consciousness, mental and emotional balance, operational and informational intelligence, the power of intention, quantum shift of consciousness.

На рубеже 2012–2013 гг. в нашей Галактике и Солнечной системе произошел «Великий Сдвиг», и планета Земля вошла в область более высоких вибраций. Время ускорилося, и полоса скольжения Времени отразилась в сознании людей, как остановка времени [1, с. 5–48]. Этот космический процесс активизировал не только сознание, повысив частоту Шумана до 40 Гц. В каналах спиралей ДНК открывается информация о преобразении сознания человека. Частота электромагнитного поля повысилась. Уплотнилось его личное пространство и индивидуально интегрировалось во множество слоев высшего сознания.

Структура ДНК представляет собой вселенскую архитектуру всех вещей, действующих в мироздании. Её субатомная частица является частицей человеческого и «высшего» сознания. Электромагнитное поле Земли и информационное поле человека уплотнились, и стали астрофизической клеевой субстанцией для объединения Пространства и Времени, что привело к эволюционной трансформации сознания, в котором возникло отражение всех его совершенств.

В новых условиях курсант не может удерживать себя в ментальном и эмоциональном равновесии, потому что происходит дисбаланс в работе двух полушарий: левое полушарие перегружено оперативно-информационным интеллектом, а правое – «заморожено» упрямым утверждением: «я знаю лучше».

Вследствие дуальной природы трехмерного сознания человека это сознание разделило пространство на действительность и реальность, а время – на прошлое, настоящее и будущее, зафиксировав (искажив, затормозив) этим живой поток времени.

Согласно уровням сознания [2, с. 32] курсант воспринимает действительность, как мир форм и материи.

В начале обучения преподавателю необходимо ввести новый курс образования на основе понимания реальности и действительности.

Действительность представлена миром форм и материи. Реальность же представлена миром причин и следствий, миром смыслов и истины, что формирует единство пространства и времени.

Реальность воспринимается курсантами по-разному:

- курсант со стандартным мышлением – ощущает реальность;
- курсант-личность – размышляет над реальностью;
- индивидуальность – оценивает реальность для поиска смысла;
- интуит – живёт и действует в реальности.

В высших вибрациях четвертого измерения сингулярность как явление, имеющее место в локальной области пространства и времени и характеризующаяся бесконечной плотностью силовых характеристик полей, рассматривается как квантовая реальность, где эффективно распознаётся и используется время в периоды своей информационной интенсивности.

Пока сознание курсанта укоренено в трехмерной базовой реальности – ума, то силы намерения для него будут недостаточны для реализации своих творческих устремлений. Поэтому ему необходимо совершить эволюционный квантовый сдвиг сознания – повысить частоту собственных вибраций для прояснения фундаментальных истин, чтобы не допустить наступления будущих драматических ситуаций.

Поскольку основная волна четвертого измерения в настоящий момент пространства и времени вызывает «мутацию» в сознании человека, то в таком случае четырехмерной базовой реальностью (с точки зрения нейрофизиологии) становятся сердце и вилочковая железа. Сердце посредством интеграции и синхронизации полушарий войдет в шестое измерение и станет объектом «утонченной плотности» для восприятия человеком квантового мира.

«Гравитация, как «мистический» клей звездных систем, будет способствовать интеграции человеческого сознания в «высшее» сознание, и он войдет в состояние *осознания* для реализации выбранных возможностей» [3, с. 64].

Таким образом, вследствие астрофизических и нейрофизиологических изменений создавалась новая реальность и новая действительность, которая сказывается на сознании всего человечества и на его образовании. Возникает необходимость использования в учебном процессе не только оперативно-информационного обучения, но и интегрального обучения с использованием фрактального мышления.

Личное пространство курсанта становится квантовым полем его сознательных возможностей и создаст «невероятные вероятности» для его мышления в будущем. Для этого он с помощью преподавателя нарабатывает умение для выполнения учебной задачи:

- *выбора* решения;
- *анализа* вероятности ситуации;
- принципа локальности;
- определения *смысла* для идеи выбора;
- *концентрации* внимания как осознанности выбора сразу без раздумья;
- установки удержания *внимания* на полезных мыслях и образах в состоянии повышенного внимания для выработки *стратегии образа действия*.

В сложившихся условиях принятия пространства и времени как единого континуума каждый из курсантов согласно уровню их сознания воспринимает себя в состоянии множества вариаций для выбора решений:

- курсант со стандартным мышлением чувствует себя, как жертва обстоятельств;



- курсант-личность осуществляет выбор по результату работы сложившихся структур (привычек, наклонностей, активности нейронных связей);
- индивидуальность экономит энергию, планирует и реализует;
- интуиит не позволит ситуации просто случиться, поскольку в момент интуиции он осознает себя и образно видит свой будущий выбор действия.

Культура образования в современных условиях требует:

- организации и культуры времени в учебном процессе;
- обустройства и оптимизации подачи материала и качества его усвоения;
- информационного предпочтения (интерфейс, синестезия, как современные способы восприятия при интуиции);
- исключительной значимости идеи и смысла;
- необходимости пошагового развития тактических решений;
- минимизации издержек (времени, личного пространства и информационных знаний);
- выбора стратегического образа действия.

На основе образного и фрактального мышления курсант сможет понять взаимоотношенность и необходимость исполнения законов, из энергии высшего порядка беспрепятственно поступит в сердце как центр мудрости для трансляции на периферию электромагнитного поля человека, что уничтожит балласт отрицательных психических энергий.

Курсант для принятия решения не может предсказать свой будущий выбор, поскольку будущих ситуаций существует множество. Проанализировать и логически оценить все ситуации ему невозможно, и только приобретение интуитивного интеллекта позволит найти единственно верное решение. Интуитивный интеллект характеризуется высоким уровнем вибраций и мгновенным определением соответствующего выбора. *Мгновенно* движется с постоянной скоростью по оси времени и всегда существует в каждой ветви реальности. Курсант из массы квантовых возможностей не по воле случая, а по воле интуитивного выбора, в поиске решения способен овладеть мгновением. Ему лишь необходимо свершить действие, которое равно энергии, умноженное на время.

Курсант как наблюдатель во время интуиции может «кристаллизовать» (материализовывать) реальность и воспринимать интерференцию световых потоков при помощи своего сознания в состоянии «внутренней тишины», как сверхпространство и сверхвремя, для выбора единственно правильного решения из всех альтернативных вариантов. «Собственное наблюдение разрывает лишние связи и позволяет им двигаться в сверхпространстве собственными путями. Каждый наблюдатель должен сделать свой выбор, т.е. получить свой квантовый ответ и полагать, что он редуцировал свою волновую функцию до единственной квантовой альтернативы» [4, с. 454].

Все фундаментальные знания курсанта, полученные в ходе образования и основанные на синтезе наук, будут закреплены в его личном пространстве. Они послужат его профессиональной боеготовности и будут учитывать феномен потока времени для его эффективного использования.

Таким образом, парадигма времени как понятие квантовой реальности позволяет утверждать наличие в нем мгновения, за импульс которого курсант способен осуществить интуитивный выбор стратегического действия.

Этот процесс в условиях экономии энергии и времени позволит воспитать в курсанте способность освоить методы стратегического мышления.

Изучая поток времени и его функцию организации пространства, нами были определены основные аспекты эффективности времени для активизации учебного процесса. Основополагающим инструментом экономии времени мы определили интуицию. В состоянии интуиции, имеющей квантовую природу, возникают голографические образы и намерения, которые как импульс времени создают стратегию образа действия, обретая через проект и алгоритм действия конкретную материальную действительность.

Поскольку идея-мысль возникает в реальности, то через наделение её смыслом она может быть реализована при помощи образа. Образ как ментальный объект возникает при интеграции и симметрии двух полушарий головного мозга. Образ как продукт интуитивного процесса имеет голографическую структуру и при условии «внутренней тишины» заполняет образ-идею, детализирует её силой синтетических знаний и в оза-

рениии создаёт образ действия. Затем курсант, как наблюдатель, интерпретирует идею-образ при помощи слов. Слова материализуются в результате объединения потоков разума, чувств и знаний. Энергия этих потоков объединяется с потоком времени, и совершается действие. Импульс времени определяет направление действия по оси времени – выбор, решение, стратегия.

Таким образом, в сознании курсанта формируется три алгоритма стратегического мышления, которые приводятся в работе [2, с. 87].

Для исследования образа не существует психологических методов их изучения и формирования, потому что эти образы производят наше «бессознательное» в состоянии синестезии, и интуиция имеет квантовую природу и подчиняется ее законам.

Мы предлагаем для достижения реальности исследовать образ и стратегию образа действия, изучая переход от действительности к квантовой реальности.

Чтобы курсант стал точным оператором образов он должен конструировать и оперировать образами по заданной программе с точки зрения синтеза наук, что значительно экономит время на обучение.

Существует четыре плана формирования образасогласно уровням сознания курсанта:

- стандартный тип курсанта может формировать зеркально-редуцированный образ или внутренний психологический образ при помощи физических органов восприятия (слух);

- личность формирует пассивный образ «бессознательного», как часть, скрытую от контроля (при помощи органа зрения);

- индивидуальность формирует лингвистический образ при помощи синтетических знаний (проект);

- интуит формирует интуитивное прозрение в состоянии лингвистического квантового программирования (действия).

Для курсанта-стандартника материя не может существовать без формы, поэтому он задерживается в ограничениях своего психологического образа.

Для индивидуальности при создании лингвистического образа присуща графика при рассуждении с помощью формы и знаков.

Для личности очень важна формализация как стремление определения результата.

Интуит воспринимает образы из высшего сознания через символы, энергетические потоки времени, знания и разумные чувства.

Как следствие, образ является необходимым алфавитом любой энергии на разных уровнях восприятия [2, с. 46]. Энергия без образа существовать не может. Поэтому поведение курсанта на разных уровнях восприятия имеет образ, определяющий их любые изменения. Педагогу и воспитателю необходимо изучить образ мысли, образ действия, способности к образному мышлению.

Так как форма присуща материи, то преподавателю требуется определить путь мышления. Он должен приучить курсанта воспринимать знак, букву, цифру как квант энергии, который может выстроить единство действия на всех планах согласно четырем планам формирования образа. Образ действий: писать, делать, говорить и обозначать, определяют образ курсанта на всех уровнях и позволяют преподавателю классифицировать требования к каждому уровню сознания курсантов.

Согласно разработанной классификации преподаватель отбирает курсантов третьего и четвертого плана для дальнейшей научно-исследовательской работы. Выполнение исследовательской работы будет основываться на методе использования алгоритма стратегического мышления.

Дополняющим методом к стратегическому мышлению будет являться созерцание. Созерцание является методом интерактивного состояния сознания для восприятия действительности и реальности, что является одной из форм стратегии действия.

Курсант, понимая свое отношение к действительности при созерцании, воспринимает энергию на основе синестезии и мгновенно оценивает отношение мира к себе. Он воспринимает энергию образа, воспринимает порядок не во времени, а в действии, в творческом действии ума, в состоянии интуиции, где работают только потоки. Курсант, имеющий ментальный потенциал, способен управлять этими потоками, контролировать

образы и управлять действиями, энергией, значит, способен управлять образами. В состоянии созерцания способен воспринимать бегущую строку образов, задать направление действия и реализовать всю совокупность энергий личного пространства.

Обладая методом созерцательного образования, курсант может владеть знаниями образа и иметь власть над его энергией для совершения действия. Осознание происходящего является для него действием во времени и пространстве при условии их объединения.

**Вывод.** Сознание при помощи созерцания становится всеобщей интерактивной системой, где действительность объединяется с реальностью, и мысль реализуется в силе слова, которая в процессе осознания становится действием.

При созерцании ложные концепции действительности и принципы разрушаются новым восприятием реальности, где торжествуют истинные знания.

#### Список литературы:

1. Энсис Е.И., Колесников В.П., Терехов В.В. Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний: монография. – Краснодар : Издательский дом – Юг. – 194 с.
2. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
3. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
4. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
5. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
7. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар, 2019. – № 1. – С. 445–448.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
9. Грошев Р.В. Подготовка военных кадров во второй половине XX века // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 3 (3). – С. 25–33.
10. Грошев Р.В. Периодизация военного образования отечественных военно-воздушных сил // Военно-исторический журнал. – 2018. – № 11. – С. 50–56.
11. Лукашенко Д.В., Грошев Р.В. На пороге прорыва: проблемы и векторы развития образовательных систем // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2018. – № 9. – С. 6–10.
12. Грошев Р.В. Организационно-педагогические условия развития отечественной системы образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 2 (6). – С. 117–121.
13. Грошев Р.В., Парфенов М.В. Эволюция органов управления военным образованием // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 3 (7). – С. 14–18.
14. Грошев Р.В., Лютов Д.И. Изменения в порядке организации и осуществления образовательной деятельности по программам высшего образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 4 (8). – С. 167–170.
15. Грошев Р.В. Военно-образовательная политика СССР второй половины XX века в контексте подготовки летных кадров // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 2 (2). – С. 91–97.

УДК 159.9

## КУЛЬТУРА ВРЕМЕНИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВРЕМЕНИ



### TIME CULTURE AND TIME EFFICIENCY

**Колесников В.П.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Энсис Е.И.**

кандидат психологических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Терехов В.В.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Соловьёв Е.В.**

курсант,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище лётчиков  
kvvaul@mail.ru

**Аннотация.** В работе изучены причины, вызывающие неэффективность использования времени в учебном процессе. Установлено, что для преодоления этого фактора необходимо воспитание в курсантах культуры времени. Это предполагает развитие взаимного доверия между преподавателем и курсантами, в результате чего в сознании курсанта снимаются ограничения в виде страха, обиды, вины и стыда, что открывает доступ к расширенному восприятию знаний о Времени, потоков времени и методах его использования. Разработаны методы (положения) для воспитания культуры времени курсантов для каждого типа интеллекта.

**Ключевые слова:** образование, культура времени, сознание, поток времени, фрактал времени.

**Kolesnikov V.P.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Ensis E.I.**

PhD in Psychological Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Terekhov V.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Solovjev E.V.**

Cadet,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
kvvaul@mail.ru

**Annotation.** The paper examines the reasons for the inefficiency of the use of time in the educational process. It is established that in order to overcome this factor, it is necessary to educate the cadets in the culture of time. This implies the development of mutual trust between the teacher and the cadets, as a result of which restrictions in the form of fear, resentment, guilt and shame are removed in the mind of the cadet, which opens access to an expanded perception of knowledge about Time and time flows and methods of its use. The developed methods (provisions) for the education of the time culture of cadets for each type of intelligence.

**Keywords:** education, time culture, consciousness, time flow, time fractal.

Применяя в учебных занятиях принцип эффективности использования учебного времени, мы наблюдаем не только издержки времени в организации учебного процесса, но и устанавливаем факторы, «подавляющие» результативно-психологического действия ума из-за страха, переживания и раздражения.

Рациональный ум «подбрасывает» курсанту внутренний диалог, который приводит к возникновению сомнений. А так как в процессе сомнения теряется драгоценное время, то в сознании курсанта при обучении возникает эффект психического «поражения» от неправильного выбора. В результате этого его сознание не расширяется, а «умалывается» и потому не способно воспринять новый объём знаний в виде квантовых потоков. Тогда информационный поток знаний, содержащийся в квантовом поле, не будет являться для курсанта источником вдохновения и интуиции.

В современных условиях образования и IT-технологий преподавателю необходимо воспитывать в курсантах не только понимание эффективности времени, но и

культуру его использования. Для этого потребуется взаимное доверие между преподавателем и курсантами, в результате чего сознание курсанта уйдет от ограничений и получит доступ к свободе использования резервуара высших знаний о Времени.

По своей структуре знания иерархичны, поэтому курсант должен постепенно постигать знания по мере его готовности к освоению таких инструментов процесса познания, как понятийность, понимание и осознание, которые зависят от времени.

Культура времени предполагает возделывание времени, т.е. его надо ценить, не терять и не «убивать». Мотивацией для такого возделывания является идея, что время конечно и имеет свой ритм и темп.

Чтобы эффективно использовать время, курсант должен понимать, что он существует в потоке времени и пространства, которые в конечном итоге интегрируются в его сознании.

Поскольку курсант представляет собой конгломерат впечатлений, знаний и обладает значительным объёмом личного пространства линейной личной историей, то время для него является категорией относительной: (прошлое, настоящее, будущее). Его «эго» является владельцем этого огромного пространства – времени, а ум является управляющим инструментом и разобщающим его с окружающим миром. Бесконечное поле света, которое вмещает его пространство и время, и является его сознанием.

Для улучшения образования преподаватель помогает курсанту преодолеть ограничительные барьеры в притоке знаний. Для этого преподаватель делает акцент на освоение новых информационных технологий, интерфейс и синестезию. Используя новые формы образования, курсант сможет трансформировать приобретенные знания в творческую силу, а сознание подготовить к выходу в зону расширенного восприятия пространства и времени. Таким образом, новые формы подачи учебного материала являются методом синтеза знаний, для оптимального темпа усвоения учебного материала без чрезмерной информационной усталости. Темп и ритм во времени становятся основными факторами в успешности качества восприятия учебного материала. При таком воспитании отношения ко времени курсант будет заинтересован каждый день обновлять свое пространство новыми впечатлениями, новым восприятием для построения образов в новой действительности, осознавая значение феномена пространства «здесь» и значение феномена времени «сейчас». Состояние «здесь-и-сейчас» приблизит курсанта к пониманию реальности, которая существует и не зависит от его точки зрения.

Реальность как категория времени и как неискажённая эмоциями действительность существует за «завесой» памяти. Курсант может освоить реальность мгновенно посредством интуиции.

Создав условия для активации работы полушарий головного мозга, их симметричной активности и синхронизации, курсант сумеет пошагово определять путь к формированию инструментов познания реальности с помощью предположения, видения, интуиции для того, чтобы получить силу трансформации от понятийности к пониманию, от понимания – к осознанию. Произойдёт очищение восприятия через устранение помех, препятствующих потоку времени и его фиксирующих издержек. В таких проживаемых состояниях время как сгусток энергии не используется эффективно, поскольку внимание сознания часто обращено к будущему, которого еще нет, и поэтому курсант, как наблюдатель, «выпадает» из потока времени. Время не сможет разворачиваться линейно, потому что в пустоте не работает пространство, и «действия» как осознанного процесса не происходит.

Приобретённые знания курсанта, состоящие из абстрактных понятий, со временем смогут дополнить уникальность личности курсанта. При помощи убеждений и синтетических знаний мотивационный фактор в образовании сформируется для утверждения потока времени, как необходимости в дальнейшем обрести единство пространства и времени [1, с. 167].

Поток времени формируется потоком фундаментальных знаний при помощи нравственных убеждений. Со временем знания наделяются смыслом, в результате чего сознание курсанта и его тело получают импульс времени – «я знаю». Этот творческий акт слияния потока времени и потока знания упорядочивает мир через ритм и темп. В творческом акте рождается когерентность и как следствие – интуиция.

Импульс как векторная физическая величина меры механического движения является аддитивным интегралом движения согласно фундаментальной симметрии – однородности пространства. Оператором импульса является сознание курсанта в том случае, если два полушария работают синхронно. Трансляция импульса определится стоячей волной тогда, когда длина волны меньше, чем модуль импульса волны. В результате воздействия импульса волны возникает сжатие пространства, вызывая удар, что вызовет расширение сознания и оно перейдет на новый более высокий энергетический уровень. Курсант примет новую точку зрения, обретет новое понимание задачи или приказа, за которыми последует мотивация к обучению. Приобретенные знания увеличат не только объем, но и повысят долю синтетических знаний. Понятие культуры времени, поможет курсанту удержать новый энергетический уровень сознания из-за счет этого сократить время на обработку информационного потока.

Преподаватель определяет для курсанта первый шаг к повышению эффективности использования времени – осознанно относиться к «деланию». Осознание включает в себя идею, «делание», смысл и намерение. При этом время сформирует силу и с ней «убедит» в будущее по оси времени [2, с. 135]. Этот процесс называется намерением. Намерение есть мера сил и мера времени. Намерение использует «разбег времени» и соответствует усиленному действию, которое определяется вкладываемой энергией и импульсом времени. Намерение, сформированное таким методом, присуще интуиции и обладает тремя аспектами:

- целеполаганием;
- получением ответа в состоянии интуиции;
- *стратегией образа действия* (интуитивное средство исполнения).

Эти три аспекта создают платформу, фундамент для образного мышления, а намерение как орудие стратегического мышления необходимо для совершения действия. Единство трех аспектов в соответствии с импульсом времени на мгновение обеспечит «внутреннюю тишину» мыслительного потока, чтобы принять «то, что есть».

Изменение времени позволит осознать относительность времени. При понимании принципа относительности времени возможно осуществить намерение к действию. Такое намерение позволит курсанту собственной мыслью или идеей, используя «высшее» сознание, найти единственно правильное решение.

Действие, сформированное временем, определит действительность, а намерение, сформированное импульсом времени, достигнет реальности. Действие как аспект трех измерений и намерение как аспект четвертого измерения объединят пространство и время посредством *осознания*.

При обучении культура времени предполагает эффективное использование знания за порядок времени: секунду, минуту, час и т.д.

Культура времени позволит за счет интуиции как импульса времени осуществить намерение, которое является инструментом для стратегического образа действия.

Пошаговый метод осуществления намерения создаст условия для овладения тактическим мышлением, которое подчинится поступательному течению времени.

Таким образом, согласно уровням сознания при воспитании культуры времени необходимо руководствоваться следующими положениями:

- курсанту со стандартным мышлением поступательно использовать время;
- курсанту-личности использовать время согласно своему потенциалу;
- курсанту-индивидуальности использовать импульс времени в интуиции;
- курсанту-интуиции использовать намерение в реальности.

Для осознания времени рассмотрим его фрактальную природу.

Интерес к феномену времени как важному фактору учебного процесса связан не только с точки зрения эффективности его использования при надлежащем применении современных образовательных методик, но и той глубинной сути, которая кроется в ее фрактальной природе. Однако, в своем использовании понятия времени мы по-прежнему основывались на устоявшемся его представлении как о линейном времени.

Действительно, изучение параметров физических процессов происходит в зависимости от времени, которое равномерно течет из прошлого в будущее и ничто не мо-

жет на этот ход повлиять. И хотя время является относительным, поскольку в разных системах отсчёта имеет разное значение, а также может меняться в зависимости от скорости движения этой системы при её близости к скорости света, тем не менее в сознании людей время сохраняет свой линейный ход.

Между тем рассмотрение природных явлений как на микроуровне, (например, атомы, элементарные частицы и т.д.), так и на макроуровне (например, солнечная система, галактика и т.д.) демонстрирует нам движение этих объектов по замкнутым траекториям с некоторыми отклонениями. Иначе говоря, их движение циклично, и каждый цикл совершается за определённый промежуток времени, который варьируется, но в среднем его размер один и тот же. Криволинейные траектории микро- и макрообъектов отличаются своими размерами, но в их основе лежит один и тот же фрактал – замкнутая петля, пространственного или временного фрактала.

Совершаемое объектом действие в трёхмерном пространстве можно описать как с помощью расстояния (пройденного пути), так и времени, что одно и то же, при этом связь между ними устанавливается через коэффициент пропорциональности – скорость объекта.

Таким образом, прямолинейность движения – это абстракция, ею можно пользоваться при малых расстояниях и временах. Но эта абстракция глубоко укоренилась в сознании человека.

Для реализации своих тактических и стратегических задач курсанту ежедневно приходится начинать их решать с исходной точки (учебный корпус, общежитие, плац и т.д.), откуда он отправляется на выполнение своих профессиональных или боевых задач. Реализовав их или нет, он по завершении очередного круга возвращается в исходную точку. И так, каждый день с некоторыми вариациями в зависимости от учебного процесса, каникул и т.д. В его сознании формируются ментальные программы, по завершении которых курсант оказывается в той точке, откуда начал своё движение.

С точки зрения трёхмерного мышления увидеть эту аналогию сложно, но вспомнив, что время считается четвёртой координатой и допустив многомерность сознания, становится очевидным присутствие цикличности в учебном процессе курсанта.

Итак, учебный процесс – это петля. Выбрав в качестве координаты любую его точку на петле как начало движения и его направление, мы будем считать, что все участки пути петли лежат впереди и будут достигнуты в будущем (будущее впереди), а то, что лежат позади – в прошлом (прошлое позади). Обозревая эту петлю из его центра наблюдателя, что по мере движения объекта будущее для него становится настоящим, которое само становится прошлым.

Итак, с точки зрения наблюдателя, находящегося в центре петли, все три момента: прошлое, настоящее и будущее существуют одновременно, что можно определить как время *вечно сейчас*.

Сопоставляя *линейное* время и время *вечно сейчас* укажем очевидную разницу между ними. В линейном времени вчера – это то, что уже произошло и больше не повторится. Сегодня – это то, что происходит сейчас, а завтра – это то, что ещё не наступило, и каким оно будет ещё неизвестно. Между тем надо заметить, что прошлое, настоящее и будущее разворачиваются в бесконечной последовательности временных точек в *сейчас*.

Однако во времени *вечно сейчас* существование объекта реализуется одновременно в присутствии прошлого, настоящего и будущего. Это его коренное отличие от мыслящих линейно создаёт для него благоприятные возможности для адекватного восприятия и познания окружающего мира.

Действительно, имея возможность видеть весь свой учебный путь, включая прошлое, настоящее и будущее, которые последовательно перетекают одно в другое, что представляет собой *вечное сейчас*, курсант видит, как прошлое действие отразится на настоящем, а это в свою очередь подскажет, чего ожидать в будущем. Это позволяет ему получить полную картину того, кем он является и кем он может стать. По сути, он является командиром своей реальности и может управлять своей действительностью,

Курсант, продолжающий жить в линейном времени, плохо отслеживает в причинно-следственную цепочку, и для него наступление будущего курса всегда таит в себе угрозу. Поэтому он пребывает в непрерывном стрессе и страхе.

В отличие от такого сценария курсант, живущий во времени *вечно сейчас*, знает, что происходящее с ним сейчас уже было. Поэтому в его арсенале уже есть необходимый инструмент для преодоления возникшей проблемы.

Понимание цикличности временных потоков и петли времени позволит по-новому относиться к потоку времени, который организует его личное пространство и обеспечивает эффективность использования времени.

**Вывод.** Культуравремени позволит за счет интуиции как импульса времени осуществить намерение, которое является инструментом для стратегического образа действия.

Пошаговый метод осуществления намерения создаст условия для овладения тактическим мышлением, которое подчинится поступательному течению времени.

Понимание цикличности временных потоков и петли времени требует по-новому относиться к феномену потока времени, который организует его личное пространство и обеспечивает эффективность использования времени.

### Список литературы:

1. Энсис Е.И., Колесников В.П., Терехов В.В. Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний: монография. – Краснодар :Издательский дом – Юг. – 194 с.
2. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
3. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
4. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
5. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
7. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар, 2019. – № 1. – С. 445–448.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
9. Грошев Р.В. Подготовка военных кадров во второй половине XX века // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 3 (3). – С. 25–33.
10. Грошев Р.В. Периодизация военного образования отечественных военно-воздушных сил // Военно-исторический журнал. – 2018. – № 11. – С. 50–56.
11. Лукашенко Д.В., Грошев Р.В. На пороге прорыва: проблемы и векторы развития образовательных систем // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2018. – № 9. – С. 6–10.
12. Грошев Р.В. Организационно-педагогические условия развития отечественной системы образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 2 (6). – С. 117–121.
13. Грошев Р.В., Парфенов М.В. Эволюция органов управления военным образованием // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 3 (7). – С. 14–18.
14. Грошев Р.В., Лютов Д.И. Изменения в порядке организации и осуществления образовательной деятельности по программам высшего образования // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2017. – № 4 (8). – С. 167–170.
15. Грошев Р.В. Военно-образовательная политика СССР второй половины XX века в контексте подготовки летных кадров // Гуманитарный вестник Военной академии ракетных войск стратегического назначения. – 2016. – № 2 (2). – С. 91–97.



УДК 378.146

**К ВОПРОСУ ОБ ОБЩЕПЕДАГОГИЧЕСКОМ И ВОСПИТАТЕЛЬНОМ  
АСПЕКТАХ ОЦЕНИВАНИЯ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ**



**ON THE ISSUE OF GENERAL PEDAGOGICAL AND EDUCATIONAL  
ASPECTS OF ASSESSMENT IN HIGHER EDUCATION**

**Романенко Т.М.**

Кубанский государственный технологический университет  
romanenko1969@rambler.ru

**Исаев Г.Р.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
isaev69@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные подходы к общепедагогическому и воспитательному оцениванию обучаемых в вузах. Авторы статьи проводят анализ методов и традиций педагогического оценивания обучаемых. В статье рассматриваются исторические предпосылки создания системы педагогического оценивания.

**Ключевые слова:** педагогика, образование, педагогическая мысль, преподаватель, педагогический стимул, оценочная деятельность, критерии оценивания, обучаемый.

**Romanenko T.M.**

Kuban State Technological University  
romanenko1969@rambler.ru

**Isaev G.R.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
isaev69@mail.ru

**Annotation.** The article discusses modern approaches to general pedagogical and educational assessment of students in universities. The authors of the article analyze the methods and traditions of pedagogical assessment of students. The article examines the historical prerequisites for the creation of a system of pedagogical assessment.

**Keywords:** pedagogy, education, pedagogical thought, teacher, pedagogical incentive, evaluation activity, evaluation criteria, learner.

**П**рактика оценивания в высшем образовании, как и ее отражение в психолого-педагогической науке, существенно менялись в процессе развития педагогической мысли.

В истории педагогики, особенно у ее истоков, обсуждение проблем оценки было тесно переплетено с выработкой подходов к поощрению и наказанию обучающихся. В истории дореволюционной отечественной педагогики обращает на себя внимание несомненная гуманистическая направленность наиболее передовой ее части, что обусловило преимущественное внимание в первую очередь не к инструментальным, а к общепедагогическим и воспитательным аспектам оценивания со стороны педагога [1].

Продолжением этой традиции уже в советский период стал Б.Г. Ананьев, он показал роль оценки педагога как мощного инструмента, который может стимулировать, а может и противодействовать личностному развитию детей и подростков. Б.Г. Ананьев отмечал: «Положительная оценка создает ситуацию успеха. Успех переживается в форме положительной эмоциональной деятельности; положительная оценка вызывает эмоциональные переживания; улучшает настроение, поднимает учащегося в глазах членов семьи. Таким образом, оценка глубоко захватывает детскую личность» [1].

Одним из ценных выводов, который делают многие авторы, является тезис о двусторонности процесса педагогического оценивания, в котором участвуют как ученик, так и учитель; кроме того, подчеркивается необходимость формирования такого феномена, как культура оценочной деятельности. Здесь выделяется «оценочная деятельность преподавателя» как одну из основных, полагает, что ее главная цель состоит в формировании у обучаемых адекватной самооценки. Особое внимание уделяется рассмотрению различий между объективными и субъективными эталонами оценивания, определению роли используемой технологии обучения.

Несмотря на то что выделение функций оценочной деятельности зависит от того места, которое отводят оцениванию авторы в педагогических и образовательных системах, общий набор функций у разных авторов весьма близок. Так, Т.Л. Сафонова выделяет следующие функции:

- контролирующую (выявление соотношения между реальным уровнем знаний и умений ученика и существующей нормой);
- стимулирующую (побуждение к определенным изменениям в деятельности);
- диагностирующую (исследование учебного процесса, валидное и надежное определение его результатов);
- ориентирующую (ориентация учащихся в выборе более успешных вариантов работы);
- регулирующую (получение учениками образовательного результата наиболее эффективным способом);
- воспитательную.

Подавляющее большинство специалистов соглашались с тем, что на современном этапе развития образования технология и практика педагогической оценки подвержены существенным изменениям. Е.В. Пискунова выделяет следующие перспективы трансформации оценочной деятельности преподавателя в современных условиях: переход к оценке сформированных компетентностей, ориентация на индивидуальные особенности образовательной динамики обучающегося, формирование культуры самооценки у обучающегося, формирование более гибких инструментов оценивания, использование научно обоснованной методологии оценивания [2].

В междисциплинарных исследованиях в сферу педагогического оценивания привлекаются результаты общенаучных и ориентированных на технические сферы работ.

Педагогическое оценивание включает процесс измерения, который завершается соотношением с эталоном. Проблема эталонов для оценивания в педагогике крайне важна и очень сложна. Даже в таких относительно простых областях для оценивания, как овладение предметным материалом, достаточно сложно прийти к обоснованным эталонам. Сам эталон может быть задан как явно (например, при оценке усвоения предметной области), так и неявно, как бывает в случае, когда речь идет о способе действия. Там же, где предмет оценивания касается личностных качеств и проявлений, поиск эталона становится очень сложным. Несмотря на то, что эталон должен обладать (в идеале) свойством ясности и однозначности, для многих педагогических явлений это недостижимо. Возникают трудности также в оценивании знаний, которые имеют высокую степень структурной сложности, – например, связаны с процессами понимания или интерпретации. Еще более сложно измерить и оценить личностные результаты образования. Именно в силу этих причин в содержание педагогического оценивания мы включаем неформализованные компоненты, связанные с личностной и духовной сферой педагога и воспитанника [3].

Использование технических инструментов оценивания может входить как составная часть в разные составляющие педагогического оценивания, но, как очевидно, применимо в гораздо большей степени в диагностике. Для завершения рассмотрения подходов, связанных с педагогической диагностикой, необходимо упомянуть квалиметрический подход. Генетически он связан с использованием в педагогике классической теории измерений и в основном при анализе предмета измерения исходит из структурной схемы показателей качества. В настоящее время опубликованы результаты достаточно серьезных работ в данной области. К квалиметрическому подходу примыкают исследования, которые основным предметом оценивания считают качество образования.

Термин «педагогическая диагностика» будет использоваться только в цитированиях и ссылках на работы других авторов, при этом его содержание будет толковаться именно таким образом, как дано в источнике.

Термин «диагностика» (предикат «педагогическая» предполагается по контексту) в нашей работе означает формализованную, научно обоснованную процедуру измерения определенного свойства (или ряда свойств) предмета педагогического оценивания и последующий формализованный вывод об уровне сформированности и других особенностях данного свойства. Определенная таким образом, диагностика становится частью системы педагогического оценивания. Помимо нее педагогическое оценивание включает неформализованные личностно-детерминированные составляющие и трансляцию, сообщение содержания оценки в виде коммуникационного сигнала субъекту оценивания [3].

Тестирование, как правило, выделяется в качестве самостоятельной системы оценивания, особенно в трудах методистов. Под тестами понимаются задания на проверку образовательных результатов, предполагающие нахождение определенного ответа. Большинство заданий ЕГЭ представляют собой именно тесты. Тестирование является, несомненно, одним из эффективных способов оценивания образовательных результатов обучающихся, и значение его растет, потому что тесты могут быть использованы в системах e-learning. Однако тестирование имеет свои ограничения: тесты в основном ориентированы на оценку именно знаний, и с их помощью оценить более сложные компетенции весьма затруднительно.

Рейтинговое оценивание часто характеризуют как самостоятельную форму оценивания. Его принцип основан на формировании рейтинга обучающихся. Хотя ряд исследователей в своих публикациях относят его к инновационным методам, «добавляя» в него свободу выбора вида заданий, отметим, что метод рейтинга предлагал использовать еще Ю.К. Бабанский, он же выступал за введение 9-балльной шкалы. Сторонники этой системы оценивания в качестве основного критерия эффективности процесса обучения называют прирост в знаниях, умениях и навыках, а также ссылаются на необходимость использования многоуровневого подхода в анализе и оценке качества знаний учащихся и степени их обученности.

В настоящее время широко распространена технология портфолио, которое также используется как определенная форма оценивания. Большинство авторов под портфолио понимает собрание результатов достижений обучающегося на определенный период в определенных сферах деятельности. В силу своей неформализованности портфолио крайне редко используется как источник формирования итоговых отметок обучающегося.

Самостоятельное место среди педагогических направлений, формирующих собственное видение оценивания, занимает формирующее и критериальное оценивание. В зарубежных публикациях и части отечественных исследований формирующее оценивание (assessment for learning) противопоставляется итоговому и к нему предъявляются следующие требования: определение учебных целей и критериев их достижения, осознанность степени достижения учебных целей учащимися, неформальная обратная связь, использование технологий «peer-to-peer», культивирование позиции саморегуляции образовательной деятельности. Западные исследователи интерпретируют формирующее оценивание в своих терминах, как правило, существенно отличающихся от принятых в отечественной психологии: например, учебный план определяется как элемент учебной деятельности и пр. Ими выделяются такие виды оценивания (если переводить дословно), как «оценивание для обучения», «оценивание учения», и одновременно как отдельный вид указывается оценивание обучения, хотя и первое и второе предполагают последнее [4].

Обращает на себя внимание, что представители формирующего (критериального) оценивания в гораздо большей степени, чем представители более традиционных систем оценивания, склонны опираться на компьютерные программы и информационные сервисы. Проведенный анализ иноязычных публикаций в реферируемых журналах, отмечает наличие 36 различных информационных технологий и программно-аппаратных комплексов. Исследователями выделены следующие виды:

- 1) обучающие системы;
- 2) электронные портфолио;
- 3) компьютерные и онлайн-тесты;
- 4) интерактивные системы (инструменты, приложения) реагирования;
- 5) онлайн-форумы и социальные сети;
- 6) онлайн-платформы и веб-сайты;
- 7) мобильные приложения;
- 8) технология RFID-идентификации;
- 9) автоматизированный механизм оценки и обратной связи.

Как мы видим, и в методической, и в научной литературе описано много видов и типов оценивания, которые предлагаются к использованию в практике. Понимание оценки в педагогике в настоящее время расширилось и стало охватывать самые разные сферы педагогической действительности [5].

Мы воспользуемся лишь самим понятием, полагая, что в информационных средах (в средах с виртуальной или смешанной реальностью) субъект (обучающийся и педагог) могут вступать во взаимодействие с программно-аппаратными комплексами, которые обладают поведением. Термин «поведение» применительно к техническим системам является привычным в программировании, технических науках и психологии, но пока непривычен для педагогики. С развитием программ уровня искусственного интеллекта роль и распространенность акторов в информационно-обучающих средах будет существенно расти.

Уже сейчас понятие актора широко используется в программировании. Для сравнения приведем определение из статьи, посвященной методологии анализа данных: «Актор является вычислительной сущностью, которая в ответ на полученное сообщение может одновременно:

- отправить конечное число сообщений другим акторам;
- создать конечное число новых акторов;
- выбрать тип поведения, которое будет использоваться в зависимости от полученного сообщения».

Как видим, такая активность вполне может восприниматься субъектом именно как поведение, что, собственно, и происходит в игровых компьютерных средах с так называемыми NPC – игровыми персонажами, которые создаются программой.

Мы сознательно не стали использовать термин «оценочная деятельность педагога» в качестве основного, так как в современной образовательной практике все шире используются компьютерные приложения и программно-аппаратные комплексы (а в перспективе и системы искусственного интеллекта), и к их поведению неприменимо понятие «деятельность», так как оно предполагает наличие субъекта [6].

В заключении хотелось бы сказать, что педагогическое оценивание – это особый вид взаимодействия между субъектами образовательного процесса, предполагающий возможность использования образовательных средств, в том числе техногенных факторов, направленный на решение двух основных групп задач: обеспечение педагогически целесообразной обратной связи между субъектами, основанной на диагностике динамики значимых характеристик учебной деятельности обучающегося и его индивидуально-личностных особенностей, и оценка соответствия степени достижения нормативно определенных образовательных результатов.

#### **Список литературы:**

1. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
2. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
3. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
4. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
5. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
6. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар, 2019. – № 1. – С. 445–448.
7. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.

УДК 159.9

**ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
МОРАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВС РФ**



**HISTORICAL PREREQUISITES FOR THE FORMATION OF  
MORAL AND PSYCHOLOGICAL SUPPORT OF THE ARMED FORCES OF  
THE RUSSIAN FEDERATION**

**Маслеников А.Г.**

кандидат исторических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
maslenikov.a.g@mail.ru

**Пережогин Л.А.**

кандидат технических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
perezhogin1946@rambler.ru

**Черный Р.Р.**

Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
fobos2002@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены исторические предпосылки формирования и развития морально-психологического обеспечения ВС РФ. Авторы в своём исследовании анализируют исторические этапы развития морально-психологического обеспечения ВС РФ.

**Ключевые слова:** военные конфликты, морально-психологическое обеспечение, боевые действия, военное дело, воспитание, подготовка командиров, идеология.

**Maslenikov A.G.**

PhD in Historical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
maslenikov.a.g@mail.ru

**Perezhogin L.A.**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
perezhogin1946@rambler.ru

**Chernyy R.R.**

Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
fobos2002@mail.ru

**Annotation.** The article considers the historical prerequisites for the formation and development of moral and psychological support of the Armed Forces of the Russian Federation. The authors in their study analyze the historical stages of the development of moral and psychological support of the Armed Forces of the Russian Federation.

**Keywords:** military conflicts, moral and psychological support, military operations, military affairs, education, training of commanders, ideology.

Опыт войн и военных конфликтов за последние 50 лет, в которых принимали участие ВС РФ, свидетельствует о глубокой зависимости морально-психологического состояния военнослужащих от комплекса мер информационного, психологического, военно-социального и др. направлений, реализуемых в армии и обществе. При этом ошибки (преднамеренные и непреднамеренные) в подходах к морально-психологическому обеспечению (МПО) войск приводят к появлению таких феноменов как «афганский синдром» (война в Афганистане 1979–1989 гг.), «чеченский синдром» (операция по восстановлению конституционного порядка в Чеченской Республике 1994–1996 гг.). И, наоборот, изменение подходов к боевой подготовке подразделений и МПО войск ВС РФ способствуют повышению уровня морально-психологического состояния военнослужащих, участвующих в боевых действиях (принуждение ВС Грузии к миру и др. специальные операции) [1].

Тем не менее, развитие военного дела в XXI веке несет новые вызовы морально-психологическому обеспечению войск. Во-первых, реализуются инновационные концепции и технологии ведения войны: от сетевых, гибридных и асимметричных войн до сетецентричных операций и боевых действий вне условий войны. Официально отмечается, что ведение «классических» боевых действий без применения «гибридных» методов стало невозможным, то есть подразделения Сухопутных войск могут выступать как объектом, так и средством применения данных методов.

Необходимость формировать у командиров подразделений качества, позволяющие даже в самых серьезных испытаниях развивать и поддерживать высокое морально-психологическое состояние своих подчиненных, подтверждается многовековой историей.

При этом определить точно время, сражение и имя полководца (командира), установившего зарождение морально-психологического обеспечения боя, невозможно. Тем не менее, история войн и военных конфликтов показывает, что уже в ходе межплеменных столкновений стали обнаруживаться элементы морально-психологической подготовки, которая как особый вид духовного воздействия на воинство, осуществляется с самых первых воинских формирований до современного облика вооруженных сил.

Основные тенденции развития подготовки командиров к морально-психологическому обеспечению условно подразделяются на восемь периодов [2].

*В первом периоде* формирование необходимых морально-психологических качеств воинов и командиров имеет ритуально-обрядовую форму, военное образование существует в зачаточном виде, воспитание отчасти выделяется из примитивных производственных и бытовых отношений людских сообществ. Мифы, магия, религия, мистика являлись основными инструментами воспитания у военных кадров любви к своей родине (родному очагу, племени, этносу). В системе морально-психологической подготовки военных кадров решались следующие задачи: преодоление страха перед боем, формирование желания быть сильнее других и стремления к победе, развитие чувства товарищества и взаимопомощи, поддержание крепкой воинской дисциплины. Основными методами воздействия являлись: моделирование успешной войны с врагом, церемониальная магия и различные обряды, которые носили национально-этнический характер и были обусловлены природно-географическими обстоятельствами жизни этносов.

Одним из ранних упоминаний (XIII век до нашей эры) о подготовке полководцев к морально-психологическому обеспечению боевых действий есть описание Гомером Троянской войны. Основными формами, позволяющими командирам формировать и развивать необходимое морально-психологическое состояние войск являлись: публичный призыв к богам за воинов, вступающих в бой; прямые обращения к войскам бесстрашно драться за отечество и народ; культивирование патриотических настроений в обществе на основе доблестных действий военных; возвышенное прощание с погибшими воинами как особенный акт психолого-педагогического воздействия на будущее поколение, народ и армию.

Строгое подчинение – вот самое главное морально-психологическое качество командиров и воинов в армии Александра Македонского. Благодаря подчинению, которое должно пронизывать все уровни управления, образуется объединенная и мощная армия. Приказа не дожидаются, его не провоцируют: ему идут навстречу.

Основными методами формирования и поддержания высокого морально-психологического состояния командиров и воинов армии Македонского были: награждение, премирование, распространение информации по войскам о наиболее отличившихся в битвах, предоставление отпусков, организация торжественных похорон.

Македонский развивает соперничество между чинами и воинскими частями, большое внимание уделяет духу строя. Македонская фаланга фактически была физической и духовной машиной, способной синхронизированно осуществлять перестроение и наносить удары по противнику.

С XII века наступает *второй* период развития подготовки командиров к морально-психологическому обеспечению подчиненных. Начало данного периода связано с написанием «Поучения», в котором отражены требования к русскому воинству, их нравственным качествам. Автор «Поучения» Владимир Мономах обращается к своим воинам: «...На войну выйдя, не ленитесь, не полагайтесь на воевод; ни питью, ни еде не предавайтесь, ни снью, сторожей сами наряжайте и ночью, расставив охрану со всех сторон, около воинов ложитесь, а вставайте рано; а оружия не снимайте с себя второпях, не оглядевшись по лености, внезапно ведь человек погибает. Лжи остерегайтесь, и пьянства, и блуда, от того ведь душа погибает и тело. Куда бы вы ни держали путь по своим землям, не давайте отрокам причинять вред ни своим, ни чужим, ни селам, ни посевам, чтобы не стали проклинать вас ... Больного навестите, покойника

проводите, ибо все мы смертны...». Приведенный тезис весьма явно свидетельствует о понимании государственными деятелями Киевской Руси (на примере Владимира Мономаха) важности морально-психологического фактора в военном деле. Кроме того в «Поучении» можно с большой достоверностью определить исходные положения основных направлений морально-психологического обеспечения, определенных в Вооруженных силах России.

Тонкости материальной и духовной военной работы, профессиональной и морально-психологической подготовки военных кадров, создание первой военной школы вызывают удивление и уважение. В результате Нидерландская наемная армия при Морице Оранском являла собой образец духа, высокой организованности и дисциплинированности – ничего похожего не было ни в одной другой наемной европейской армии [3].

*Третий* период начинается с военных реформ Петра I и связан, прежде всего, с разработкой новых воинских уставов, в которых определялись требования к системе обучения и воспитания командиров, в том числе по формированию морально-боевых качеств, обеспечивающих поддержание высокого морально-психологического состояния у своих подчиненных.

Петровское «Учреждение к бою в настоящем времени» 1708 года стало основой боевого воспитания и морально-психологической подготовки войск к Полтавскому сражению, а введенный в 1716 году «Устав Воинский» (далее Устав) содержал в себе целую систему обучения и воспитания войск, обязанности офицера в бою, требования к духовным (морально-психологическим) качествам российского воина. В Уставе особое внимание обращалось на отношения офицеров к солдатам, которые должны строиться на отеческих началах, и честь офицеров. Тягчайшим наказанием для офицера было лишение его чести. «Надлежит знать всем, как с тем поступать, кто чести лишен и шельмован (то есть из числа добрых людей честных извергнут):

1. Ни в какое дело ниже в свидетельство не принимать.
2. Кто такого ограбит, побьет или ранит или у него отымет, у оного челобитья не принимать и суда ему не давать, разве до смерти кто его убьет, то яко убийца судится.
3. В кампании не допускать, и единым словом таковой вечно лишен общества добрых людей, а кто сие преступит, сам может наказан быть».

Важнейшими формами морально-психологического обеспечения стали:

– совершенствование и развитие наградного дела, торжественные встречи героев и залпы артиллерийских салютов в их честь (например, Гангут), торжественное построение войск, строительство триумфальных арок, награды деньгами, ценными подарками, землей и т.д.;

– присвоение дворянского звания, присвоение офицерских званий наиболее отличившимся рядовым. Кроме этого, интересен факт награждения пудовой медалью Иуды гетмана Мазепы за измену;

– обращения Петра I к своим воинам, в которых он призывал сражаться не «...за Петра, но за государство, Петру врученное, за род свой, за отечество, за православную нашу веру и церковь. ... А о Петре ведайте, что ему жизнь его не дорога, только бы жила Россия в блаженстве и славе, для благосостояния вашего».

Генералиссимус А.В.Суворов одним из первых определил «человека» центральным фактором в войне. Данный вывод способствовал развитию суворовских принципов морально-психологической подготовки командиров и войск, которые основывались на зависимости результатов боя не только и не столько от соотношения численности войск противостоящих сторон, сколько от морально-психологического состояния воинов. Следовательно, основной задачей воспитания является формирование и развитие у командиров и воинов мужества, бодрости духа и как элемента боевой и морально-психологической подготовленности – «надежности» в боевой обстановке [4].

Основными направлениями суворовской морально-психологической подготовки выступают: моделирование экстремальной ситуации, соответствующей предстоящим действиям («тяжело в учении, легко в бою»); всемерное поднятие национального чувства, развитие его до степени национальной гордости, основанных на чувстве собственного достоинства гражданина; демонстрация командирами личного примера и проявление действительной заботы о своих подчиненных. В последующем П.С. Нахи-

мов так же отмечал возможности личного примера как действенного метода формирования у подчиненных необходимых морально-психологических качеств.

Следует отметить, насколько точно и тонко М.И. Кутузов указал на роль морально-психологического фактора в войне. По его убеждению субординация, дисциплина, бывшие стержнем воинского воспитания в армиях Западной Европы, «сколь ни велики... сами по себе, останутся бессильными тогда, когда не оживятся они тем воинским духом, который преоборяет все обстоятельства, не находит препон ни в каких предприятиях».

Поучительным (имеет и положительные и отрицательные моменты) для определения основных направлений по повышению эффективности подготовки будущих командиров к морально-психологическому обеспечению военнослужащих является подход к данному вопросу в армии Наполеона. Полагая, что для офицерского чина основными качествами должны быть опыт, способность разбираться в боевой обстановке Наполеон неоднократно производил в офицеры «старых солдат», не умевших читать и писать, но проявивших себя в битвах [5].

Среди наиболее интересных способов воздействия на морально-психологическое состояние своих войск следует выделить следующие:

- вывод из участия в боевых действиях от солдата до целой части (для тех, кто не находил в себе сил для исполнения требовательности);
- воздействие через священнослужителей на религиозные чувства воинов;
- воспитание на боевых и воинских традициях прошлого и настоящего, «восстановление в памяти воинов куначества»;
- участие подчиненных командиров в принятии решения на бой; принятие мер по предотвращению поражения в первом боевом столкновении; обращение к строгой уставной требовательности для восстановления в войсках боеспособности и дисциплины («на коротках и без продолжительного пиления»);
- *исключение в любых видах боевых действий чего-то нового, к чему войска не подготовлены*, и наоборот, воздействие на морально-психологическое состояние противника посредством применения неожиданных мало знакомых способов ведения боевых действий, решительным переходом от одного вида боя к другому («Победить – значит удивить»).

При этом Скобелев понимал, что постоянное нахождение людей в боевых условиях способствует эмоциональному выгоранию, нравственному перерождению и истощению. И в данном случае восстановление потерянных сил возможно только через православную веру и любовь к Отечеству.

*Четвертый* период, связанный с возрастанием роли экономического и морального факторов в войне, начинается с Русско-японской войны. В этой войне переплелось все – блестящие страницы беспримерного героизма русских солдат и горечь поражений, нерешительность и откровенное предательство высшего военного руководства, оборона Порт-Артура и его позорная сдача генералом Стесселем, попытки генерала Кондратенко и адмирала Макарова переломить ход событий и, конечно, страшная Цусимская трагедия.

Опыт Первой Мировой войны четко показал, что морально-психологические настроения личного состава подвижны и способны часто менять направления силу и глубину своего воздействия на ход и исход боя, войны в целом и даже на политический и экономический статус государства.

Первая Мировая война объективно потребовала ввести совершенно новые подходы в подготовке командиров к морально-психологическому обеспечению военнослужащих, что обусловлено следующими факторами:

1. Глубинные изменения в тактике и военном искусстве в результате появления и широкого использования в сражениях автоматического оружия, авиации, танков, подводных лодок, дальнобойных артиллерийских систем, химического оружия, гранат и т.д.
2. Меняется пространственно-временное восприятие боевых действий за счет динамики и интенсивности, что требует особой морально-психологической готовности, скорости мышления и стрессоустойчивости как у командиров, так и у бойцов.
3. Проявляется необходимость в достаточном уровне военно-технических и естественнонаучных знаний прежде всего у рядового состава и унтер-офицеров. Воины



(в большинстве бывшие крестьяне) с недостаточной военно-технической подготовленностью и общей грамотностью неумело использовали военную технику и оружие, испытывали отрицательные эмоции, часто допускали ошибки.

С окончанием 1-ой Мировой войны начинается *пятый* период развития подготовки командиров к морально-психологическому обеспечению военнослужащих, связанный с предельным повышением роли идеологической составляющей, что показала Великая Отечественная война.

Начальный период войны выявил недостаточную подготовленность командиров и комиссаров к поддержанию морально-психологического состояния подчиненных. Со стороны отдельных командиров и комиссаров участились случаи «незаконных репрессий и грубейшего превышения власти», что «является проявлением безволия и безрукости» и ведет «к обратным результатам, способствует падению воинской дисциплины и политико-морального состояния войск и может толкнуть нестойких бойцов к перебежкам на сторону противника». Данные обстоятельства определили требования к командирам и комиссарам находить новые (или традиционные) действенные способы убеждающего воздействия на красноармейцев, предотвращать различные явления незаконных репрессий, рукоприкладства и самосудов [4].

В военных учебных заведениях появляется и развивается установка к обязательному определению воспитательных целей во всех видах и формах учебных и внеучебных занятий по всем без исключения учебным дисциплинам.

С 9 октября 1942 года в РККА устанавливается полное единоначалие, повышается роль командира в управлении подразделением, вводится институт заместителей командиров по политической части. Боевой устав пехоты (БУП-42) в статье 19 определяет: «Командир обязан обеспечить высокое политико-моральное состояние, воинскую дисциплину, боеспособность и боеготовность подчиненных».

Важнейшим направлением морально-психологического обеспечения в годы Великой Отечественной войны являлись организация отдыха и досуга военнослужащих Красной Армии. Основные мероприятия осуществлялись в рамках ППР и воспринимались неоднозначно. Анализ источников показывает, что многие ветераны признавали значимость и нужность данной работы; некоторые откровенно высказывались о том, что деятельность политработников не давала возможности восстанавливаться после маршей и боев. При этом, по воспоминаниям ветеранов, основную часть отдыха и досуга участников войны составляли беседы о доме, семье и о жизни до и после войны.

С окончанием 2-ой Мировой войны наступает *шестой* период развития подготовки командиров к морально-психологическому обеспечению военнослужащих. Возрастает информационно-психологическое противоборство в войнах и военных конфликтах. Совершенствуются силы и средства информационно-психологического воздействия. Возрастает роль неофициальных средств массовой информации в формировании морально-психологического состояния в армии, общественного мнения и общественных настроений. Возникают и усиливаются противоречия на идеологической основе между армией и обществом [6].

Война в Афганистане стала крайне характерной с точки зрения ее идейного оформления. Несмотря на то, что первые публикации о войне появились в 1984 году, сам факт войны официально скрывался до 1987 года. Обоснованием боевых действий для подразделений ВС СССР предлагалась защита южных рубежей собственной страны и в сознании офицеров и солдат война в Афганистане считалась справедливой, армия верила в успех. Когда в СМИ действия Советской Армии стали подвергаться негативной оценке, настроения среди военнослужащих стали приобретать отрицательный характер. Особенно ярко негативные настроения в армии по отношению к данной войне проявились после принятия решения о выводе из Афганистана и признании решения о вводе войск в Афганистан политической ошибкой (II Съезд народных депутатов СССР, декабрь 1989 г.). Данные обстоятельства стали очередным подтверждением того, что морально-психологическое состояние армии и общества глубоко зависят от официальной государственной мотивации боевых действий (операций).

Поддача материала (1995–1996 гг.), содержание которого указывало на «вредность» компании Федеральных войск на территории Чеченской Республики, имела крайне негативное информационно-психологическое воздействие на военнослужащих. Российский солдат представлялся в образе захватчика, а «благородные воины Исла-

ма» – в образе защитников свободной Ичкерии», сами действия армии оценивались с точки зрения правомерности. Кроме этого в СМИ всячески замалчивалась информация о самоотверженности солдат и офицеров, проявленной в ходе боевых действий; многочисленных фактах глумления боевиков над взятыми в плен, ранеными и погибшими военнослужащими и местными жителями; распространялась информация о возможном преследовании со стороны боевиков членов семей военнослужащих, исполняющих свой воинский долг на Северном Кавказе.

Во второй половине 90-х годов наступает *седьмой* период развития подготовки командиров к морально-психологическому обеспечению, связанный: с ярко выраженной потребностью в политико-идеологическом обосновании боевых действий, усилением экономического и социального факторов, обеспечивающих формирование и поддержание морально-психологического состояния военнослужащих; с возрастанием религиозного и национально-этнического факторов, возникновением и усилением на данном фоне противоречий в армии и обществе.

Уже совсем другая официальная мотивация войны была представлена нам в ходе операции по принуждению вооруженных сил Грузии к миру. Несмотря на скоротечность компании, в обществе был сформирован образ Российской Армии как освободительной, принесшей мир в Северную Осетию и Абхазию. Очень символично начинается Приказ Верховного Главнокомандующего Вооруженными Силами Российской Федерации №1 от 18 августа 2008 года «О поощрении личного состава Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов, проявившего отвагу и самоотверженность при выполнении задач по восстановлению мира и безопасности в зоне грузино-осетинского конфликта». Как нам кажется в словах «Спасибо армия, спасибо флот!» выражается вся сущность отношения государства, общества и народа к своей армии.

С 2008 года наступает *восьмой* период развития подготовки курсантов военных вузов к морально-психологическому обеспечению военнослужащих обусловленный тем, что развитие военного дела в XXI веке несет новые, не виданные ранее вызовы морально-психологическому обеспечению деятельности войск (сил). Эти вызовы обусловлены инновационными концепциями, технологиями, методами, средствами и способами ведения войны, которые ставят как необходимость – пересмотреть соотношение «материи и духа в войне» [4].

Очень важно понимать, что боевые действия в современных геополитических условиях меняют свою суть и самую логику. Помимо стандартных вооруженных конфликтов мы все чаще говорим о кибератаках, террористических актах, этносепаратизме, финансово-торговых блокадах, актах гражданского неповиновения, пропаганде в массмедиа и т.д. Попытки квалифицировать все эти процессы приводят к появлению новой терминологии: от «гибридных» и «асимметричных» войн до сетцентричных операций и боевых действий вне условий войны.

Объективно существующую опасность для морально-психологического обеспечения деятельности войск представляет сетевая война, ядро которой в соответствии с доктриной Пентагона находится на пересечении социальной, физической, информационной и когнитивной областей. При этом авторы концепции сетевой войны определяют основной целью именно когнитивную сферу, которая наименее материальна и связана с мировоззрением, обучением, опытом, общественным мнением, убеждениями, ценностями и, самое главное, это та область, где принимаются решения.

Можем ли мы игнорировать теорию сетевых войн в условиях, когда она уже ведется, в том числе и против нас? Каковы возможности сетей по воздействию на морально-психологическое состояние военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации? Это одни из злободневных вопросов, связанных с делом по МПО деятельности войск в настоящее время и в будущем.

Таким образом, проведенный педагогический анализ еще раз указывает на исторически обусловленную необходимость формировать у курсантов военных вузов способности, которые позволяют обеспечить поддержание высокого морально-психологического состояния личного состава подразделения, к которым относятся способности:

– осознавать и объяснять личному составу цели государства и его вооруженных сил в войне (военном конфликте, военной операции и др.), её справедливый характер, возможности в достижении победы;

- применять различные формы и методы психолого-педагогического воздействия и взаимодействия по развитию у подчиненных национальной гордости и чувства собственного достоинства гражданина Российской Федерации;
- анализировать и прогнозировать развитие морально-психологической (боевой) обстановки с учетом современных и перспективных вызовов и угроз морально-психологическому обеспечению деятельности подразделения;
- принимать адекватное решение по организации морально-психологического обеспечения деятельности подразделений и управлять данным видом деятельности на основе всесторонней оценке военно-социальной и морально-психологической обстановки в пункте постоянной дислокации подразделения (районе боевых действий);
- сочетать важнейшие командирские качества: личную отвагу, умелое управление войсками, жесткую требовательность, действенную заботу о быте и нуждах солдат, офицеров, подразделений и частей, справедливость в оценке действий своих подчиненных и достойном поощрении за службу;
- применять самому способы саморегуляции собственных психических состояний и обучать их применению своих подчиненных в целях устранения сомнений в правильности действий, возможности разгрома противника и др.

### Список литературы:

1. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
2. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.
3. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
4. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
5. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
6. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Степанова М.В., Терехов В.В. «Системный подход к самостоятельной работе обучающихся» // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
7. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. «Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика» // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. «Фракталы и их применение» // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 130–134.
9. Теория вероятностей и пространство выборов / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
10. Малыгина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова – Краснодар, 2016. – С. 199–203.

УДК 37.01

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ  
СТУДЕНТА УНИВЕРСИТЕТА



APPROACHES TO THE MANAGEMENT OF EDUCATIONAL  
ACTIVITIES UNIVERSITY STUDENT

**Чумак П.В.**

кандидат технических наук,  
Кубанский государственный технологический университет  
chumak1987@mail.ru

**Чумак И.А.**

магистрант,  
Кубанский государственный технологический университет  
chumak1987@mail.ru

**Васькова Н.И.**

кандидат педагогических наук, профессор,  
Краснодарский государственный институт культуры  
kguki@list.ru

**Аннотация.** В статье проанализированы современные пути разрешения противоречий определения «тайм-менеджмента» как педагогической технологии, способствующей развитию умений самоорганизации учебной деятельности студента университета. Авторами проведен анализ подходов к управлению учебной деятельностью студента университета.

**Ключевые слова:** образование, учебная деятельность, индивидуализация обучения, самоорганизация, студент, планирование времени, профессиональная деформация, университет.

**Chumak P.V.**

PhD in Technical Sciences,  
Kuban State Technological University  
chumak1987@mail.ru

**Chumak I.A.**

Master's Student,  
Kuban State Technological University  
chumak1987@mail.ru

**Vaskova N.I.**

PhD in Pedagogical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar State Institute of Culture  
kguki@list.ru

**Annotation.** The article analyzes the modern ways of resolving the contradictions of the definition of «time management» as a pedagogical technology that promotes the development of skills of self-organization of educational activities of a university student. The authors conducted an analysis of approaches to the management of educational activities of a university student.

**Keywords:** education, educational activity, individualization of learning, self-organization, student, time planning, professional deformation, university.

Современная социокультурная ситуация задает требование развития системы непрерывного образования – «обучения на протяжении жизни» (lifelong learning), в которой умение самостоятельно работать в образовательном процессе становится очевидной необходимостью. Современное общество ставит перед всеми типами образовательных учреждений, и университетом в частности, задачу подготовки студентов, способных адаптироваться в меняющихся жизненных ситуациях, готовых самостоятельно приобретать знания и критически мыслить, умело применять их на практике, организовывать свою учебную деятельность и время. В государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2018–2025 годы говорится о «радикальном обновлении методов и технологий обучения» [1].

Модернизация образовательных программ профессионального образования должна обеспечивать гибкость и индивидуализацию процесса обучения с целью повышения результативности работы преподавателей и самостоятельности учебной деятельности студентов. В настоящее время являются актуальными исследования в этом направлении в связи проблемами самоорганизации учебной деятельности обусловленной наличием существующих противоречий:

– между обостряющейся значимостью в современном социуме фактора времени и недостаточной готовностью студента строить свою жизнь с учетом временного фактора;

– между широким диапазоном возможностей ценностного самоопределения студента в университете и отсутствием у большинства студентов умений реального целеполагания и самоорганизации;

– между стремлением студента стать успешным в профессии и ограниченным выбором средств обучения тайм-менеджменту в образовательном пространстве университета.

Тайм-менеджмент – в переводе с английского означает «управление временем». Временем, понятно, управлять нельзя, и реальная задача тайм-менеджмента так упорядочить использование времени (и рабочего, и личного времени) дня и недели, чтобы успевать делать все важнейшие дела. Тайм-менеджмент – это учет и оперативное планирование времени. В университете как обучающемуся, так и педагогу необходимо осознать ценность времени и найти наиболее эффективный способ его стабильного использования. Обучающимся данная технология поможет научиться самостоятельно, определять приоритеты цели и задачи [2]. А педагогам тайм-менеджмент поможет с одной стороны развить и усовершенствовать навыки самоорганизации для того, чтобы избежать потери драгоценного времени, обрести больше свободного времени для отдыха, тем самым, избавить себя от таких негативных последствий, как утомление, депрессия, стрессы, профессиональная деформация. А с другой стороны, педагоги могут использовать полученные знания для обучения учащихся. Основные принципы тайм-менеджмента:

- кропотливая самостоятельная работа;
- индивидуальность решения;
- необходимость отслеживания собственной эффективности;
- мышление, направленное на эффективность;
- достижимость и неисчерпаемость резервов эффективности [5].

Тайм-менеджмент помогает студенту определить, что является для него главным и нуждается в организации, планировании, а что – второстепенным, помогает контролировать собственное время, распоряжаться им, и, в то же время, речь не идет о жестком контроле. Несоблюдение планов и невыполнение поставленной цели приводит к постоянной нехватке времени и негативному результату будущих действий. Существует простая закономерность, которая сформулирована в законе Паретто: 80 % работы выполняется за 20 % рабочего времени. Следовательно, правильная организация работы ведет к достижению максимальных результатов [3]. В эффективном планировании времени студентом можно выделить следующие этапы:

- 1) определение цели собственной деятельности в целом, конкретных этапов достижения цели и путей относительно их реализации;
- 2) детальный анализ распорядка, отслеживания расходов времени, определения целесообразности каждого действия;
- 3) составление списка дел в соответствии с матрицей Эйзенхауэра – разделение на срочные и важные, важные и несрочные, срочные и неважные, несрочные и неважные;
- 4) записывание долговременных и кратковременных планов (планирование нескольких лет, месяцев, недель, дней);
- 5) планирование отдыха и чередования разных видов деятельности;
- 6) применение волевых усилий, культивирование цели достижения максимальных результатов [6].

Таким образом, в настоящее время является актуальным поиск путей разрешения противоречий: определение «тайм-менеджмента» как педагогической технологии, способствующей развитию умений самоорганизации учебной деятельности студента университета. В то же время научно-педагогические реалии сегодняшнего дня показали, что проблема самоорганизации учебной деятельности студента университета нуждается в дальнейшем теоретическом исследовании и экспериментальной разработке.

#### Список литературы:

1. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
2. Терехов В.В., Савицкий Ю.А., Степанова М.В. Исторические предпосылки и необходимость понимания предмета и задач педагогической этики // В сборнике: X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 101–108.

3. Варфоломеева С.В., Терехов В.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2020. – № 1. – С. 178–186.
4. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Терехов В.В. Современный взгляд на естественно-научную грамотность обучаемых // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 405–408.
5. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Исследование инновационных образовательных технологий подготовки военных специалистов, основанных на методах получения информационных, механических и синтетических знаний : монография. – Краснодар, 2019. – С. 190.
6. Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Степанова М.В., Терехов В.В. «Системный подход к самостоятельной работе обучающихся» // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
7. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Терехов В.В. «Исследование в области развития пространственного мышления будущего военного летчика» // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов н/Д, 2021. – № 2. – С. 226–237.
8. Нефедовский В.А., Савицкий Ю.А., Кожухова О.Б. «Фракталы и их применение» // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 130–134.
9. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова; Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
10. Мальхина М.П., Герасимов Д.А., Савицкий Ю.А. Основные стадии развития квантового компьютера // В сборнике: VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 55-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей / КВВАУЛ им. А.К. Серова – Краснодар, 2016. – С. 199–203.

УДК 796.011

**ФОРМИРОВАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО МАСТЕРСТВА  
ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВОЕННОГО ВУЗА**



**FORMATION OF PEDAGOGICAL SKILLS TEACHERS OF  
A MILITARY UNIVERSITY**

**Сирик С.Н.**

кандидат исторических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
siriksn@mail.ru

**Евтушенко Ю.Л.**

кандидат исторических наук, доцент,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков  
evtuchenko\_UL@mail.ru

**Петьков В.А.**

доктор педагогических наук, профессор,  
Кубанский государственный университет  
valerype@mail.ru

**Аннотация.** В статье раскрываются идеи авторской концепции решения проблемы подготовки преподавателя военного вуза, ключевой задачей которой является формирование его педагогического мастерства во взаимосвязи с учебно-воспитательным процессом подготовки курсантов, в тесной связи с нынешней реформой российской армии, в условиях современной интеграции военно-специального и гражданского образования. При организации процесса формирования педагогического мастерства преподавателя военного вуза, мы опирались на профессионально-психологическую структуру его педагогической деятельности. Предложенная программа развивает профессионально-педагогическую направленность деятельности преподавателя военного вуза, совершенствует их педагогическое мастерство, обогащает разносторонним опытом применения теории на практике, опытом творческого решения различных типов педагогических задач: дидактических, воспитательных, самовоспитания, управленческих, в том числе задач-целей и задач-способов, а также исполнительских и творческих, самостоятельных и регламентированных различного рода инструкциями, задач различной степени трудности.

**Ключевые слова:** преподаватели военного вуза, педагогическое мастерство, военно-профессиональная подготовка, курсанты военных вузов, авторская программа.

**Sirik S.N.**

PhD in Historical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
siriksn@mail.ru

**Yevtushenko Y.L.**

PhD in Historical Sciences,  
Associate Professor,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots  
evtuchenko\_UL@mail.ru

**Petkov V.A.**

PhD in Pedagogical Sciences, Professor,  
Kuban State University  
valerype@mail.ru

**Annotation.** The article reveals the ideas of the author's concept of solving the problem of training a military university teacher, the key task of which is the formation of his pedagogical skills in connection with the educational process of training cadets, in close connection with the current reform of the Russian army, in the conditions of modern integration of military special and civilian education. When organizing the process of formation of pedagogical skills of a teacher at the university, we relied on the professional and psychological structure of his pedagogical activity. The proposed program develops the professional and pedagogical orientation of the activity of a military university teacher, improves their pedagogical skills, enriches them with diverse experience in applying theory in practice, experience in creative solutions to various types of pedagogical tasks: didactic, educational, self-education, managerial, including tasks-goals and tasks-methods, as well as executive and creative, independent and regulated by various kinds of instructions, tasks of varying degrees of difficulty.

**Keywords:** military university teachers, pedagogical skills, military professional training, cadets of military universities, author's program.

**В**ажнейшей целью проводимой в России реформы военного образования и в целом реформы Вооруженных Сил является социальный заказ на подготовку высококвалифицированных военных кадров.

Формирование военно-профессионального мастерства в военном вузе разрабатывалось А.И. Веденевым, А.В. Барабанщиковым, С.В. Воблым. Проблеме становления педагогического мастерства военного преподавателя физической подготовки в педагогической науке уделяется недостаточное внимание.

Авторская концепция строится в соответствии с реформой военного образования и проблемой подготовки преподавателя военного вуза во взаимосвязи с учебно-

воспитательным процессом подготовки курсантов, в тесной связи с нынешней реформой российской армии, в условиях современной интеграции военно-специального и гражданского образования. Мы исходим из того, что преподаватель – это организатор учебно-воспитательного процесса по подготовке будущих офицеров. Но чтобы подготовить самого преподавателя военного вуза необходимо готовить его и в личностном, и в профессионально-педагогическом плане, сформировать его педагогическое мастерство, вывести на уровень квалификационных характеристик этого специалиста.

При организации процесса формирования педагогического мастерства преподавателя военного вуза, мы опирались на профессионально-психологическую структуру его педагогической деятельности. По данным ряда авторов, в структуру деятельности педагога входят компоненты: проективный, конструктивный, организаторский, коммуникативный, гностический [1, 2].

В формировании педагогического мастерства преподавателя военного вуза, особое значение приобретает комплекс профессионально-значимых качеств военного педагога-мастера, призванного сформировать офицера российской армии. В разработке комплекса профессионально-значимых качеств, необходимых военному педагогу (ответственность и самоотверженность, точность и аккуратность, четкость и твердость, решительность и деловитость, готовность и умение отстаивать свое мнение, умение мгновенно, оценить обстановку и перемены в ней, принимать оптимальные решения и др.).

Развитие профессионализма преподавателя военного вуза проходит в сложных условиях необходимости учета единства и сочетания в его деятельности двух профилей – работы с курсантами, когда требуется осуществлять, с одной стороны, прикладную – военно-специальную подготовку офицера и с другой – дать ему общекультурное образование [3].

В ходе исследования выявлены особенности процесса подготовки. Общие особенности военного обучения учебно-воспитательного процесса на кафедре военного вуза в структуре системы военного обучения задаются необходимостью подготовки военного специалиста, который должен быть подготовлен в личностном и профессиональном плане на уровне современного высшего образования. Специфические особенности военного обучения вытекают из необходимости формирования специальных профессионально-значимых качеств личности. На первое место здесь выдвигается задача формирования военно-профессиональной направленности будущих офицеров, что характеризует их психологическую готовность к службе в ВС и является фундаментом для формирования других профессионально-боевых качеств, необходимых современному офицеру для успешного выполнения своих обязанностей по получаемой военной специальности. Специфика подготовки офицера состоит в том, чтобы в условиях боевых действий он мог проявлять себя умелым, всесторонне подготовленным организатором [4].

Нами разработана и реализована на практике программа формирования педагогического мастерства военных педагогов. В ней отобрана из военной психологии и педагогики наиболее важная научно-методическая информация для включения в комплексную, интегрированную программу подготовки преподавателей военного вуза. Из общей и профессиональной педагогики адаптированы педагогические технологии вузовского обучения, воспитания и управления, чтобы вооружить начинающих педагогов знанию теорий и методик, в том числе инновационных, которые позволят им подняться до должного уровня педагогического мастерства.

Кроме программы профессионального педагогического образования, разработана и в опытных условиях проверена программа личностного воспитания, самообразования, саморегуляции и саморазвития военных педагогов, чтобы вывести на оптимальный уровень не только их профессионально-педагогическое мастерство, но и их личностное, гражданское воспитание и развитие. При этом обращено внимание на нравственно-волевое развитие молодых военных педагогов.

Разработана система учёта успеваемости молодых педагогов, предусматривающая текущую и итоговую аттестацию. Неоднократные контрольные проверки организации учебного процесса показывают, что программа подготовки преподавателей военного вуза проходит успешно, на необходимом и достаточном научно-методическом уровне, что начинающие военные педагоги целеустремлённо осваивают педагогическое мастерство, что вызывает удовлетворение обучающихся у них курсантов.



Особое внимание в процессе работы над развитием профессионального мастерства преподавателей военного вуза обращено на следующие моменты: овладение современными военно-профессиональными и педагогическими технологиями обучения, совершенствование приёмов и способов их применения увеличило объём и усложнило содержание учебного материала. В результате формируются твёрдые практические навыки, умения и желания осваивать профессиональное педагогическое мастерство.

На каждого вновь назначенного преподавателя разрабатывается индивидуальный перспективный план становления молодого преподавателя, и этот план является началом глубокой индивидуальной работы с каждым педагогом. Индивидуальный перспективный план составляется сроком на три года, обсуждается на заседании кафедры, утверждается начальником кафедры. Более конкретный план составляется при этом на первый год служебной деятельности преподавателя, а на последующие два года устанавливаются общие целевые задачи по повышению педагогического мастерства молодого преподавателя, над которым ему предстоит ежегодно целеустремлённо работать.

Результативность опытно-экспериментальной работы можно проследить на основании динамики развития компонентов структуры, составляющей основу педагогического мастерства. Так, проектировочный компонент, с помощью которого планируется, организуется и подбирается возможные варианты содержания занятий имеет весьма высокие темпы прироста. Об этом свидетельствуют результаты контрольных срезов: на диагностическом 4,0 %, в конце формирующего этапа 36,8 %.

Позитивная динамика наблюдалась в развитии коммуникативного компонента педагогического мастерства военного педагога (52,3 %), конструктивного (56,1 %) и организаторского (56,4 %) в конце формирующего этапа эксперимента, но особенно успешно развивался гностический (59,1 %), что свидетельствует о высоком познавательном потенциале содержания экспериментальной программы.

Полученные интегрированные результаты формирования педагогического мастерства преподавателей военного вуза, свидетельствуют о том, что в течение 2,5–3 лет интенсивной целенаправленной опытно-экспериментальной работы достигнуты высокие личностные и профессионально-педагогические показатели развития педагогического мастерства военных педагогов до уровня квалификационных характеристик.

Определен и обоснован комплекс педагогических условий формирования профессионального мастерства преподавателя военного вуза, состоящий из:

– учета фундаментальных педагогических факторов влияющих на формирование мастерства военного преподавателя (педагогическое руководство усложняющимся познанием и развитием курсантов, обеспечивающее их репродуктивную, адаптивную и различной степени трудности продуктивную деятельность; последовательное усложнение их педагогической творческой деятельности, стимулирующей познавательную активность курсантов; индивидуальный подход к курсантам в процессе их обучения и достижения воинского мастерства);

– условий, опосредованно влияющих на развитие педагогического мастерства и формирование творческой личности преподавателя (постоянный профессиональный рост преподавателя в обучении и воспитании курсантов, в общении и отношениях с ними; воспитание у курсантов самостоятельности, морально-волевой активности, решительности, смелости, умения и способности выбора оптимального варианта действий в экстремальной ситуации, стойкости; сочетание организационно-практической деятельности преподавателя с воздействием на сознание будущих офицеров с целью развития их личностной и военно-специальной активности);

– условий, реализация которых содействует созданию благоприятного фона развития у курсантов личной и профессиональной активности (высокий уровень организации учебного процесса в военном вузе);

– воспитания нравственно-волевых качеств, что обуславливает развитие и совершенствование у будущего офицера боевых и командирских способностей;

– организации педагогической практики военных педагогов, разработки и чтения курсантам спецкурсов, выполнения собственных научно-педагогических исследований, изучения обучаемых; научно-педагогического консультирования и руководства написанием и защитой рефератов, научных работ.

Таким образом, предложенная программа развивает профессионально-педагогическую направленность деятельности преподавателя военного вуза, совершенствует их педагогическое мастерство, обогащает разносторонним опытом применения теории на практике, опытом творческого решения различных типов педагогических задач: дидактических, воспитательных, самовоспитания, управленческих, в том числе задач-целей и задач-способов, а также исполнительских и творческих, самостоятельных и регламентированных различного рода инструкциями, задач различной степени трудности.

**Список литературы:**

1. Барабанщиков А.В. Основы военной педагогики и психологии. – М. : ВИ, 1981. – 336 с.
2. Воблый С.В., Штыркин А.А. Педагогические основы организации учебного процесса в высших военных учебных заведениях : Учебное пособие для преподавателей. – Краснодар, 1993. – 75 с.
3. Симонов З.П. Диагностика личности и профессионального мастерства преподавателя. – М. : МПА, 2015. – 192 с.
4. Сирик С.Н., Евтушенко Ю.Л., Петьков В.А. Технология педагогической диагностики развития военно-профессиональной позиции преподавателей военного вуза // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 5 (195). – С. 349–353.

УДК 355.1

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВОСПИТАНИЯ  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ОФИЦЕРОВ**



**THE MAIN DIRECTIONS OF IMPROVING EDUCATION  
IN THE TRAINING OF FUTURE OFFICERS**

**Степанов А.П.**

кандидат военных наук, доцент,  
Военный учебно-научный центр Сухопутных войск  
«Общевойсковая ордена Жукова академия  
Вооружённых сил Российской Федерации»  
aleksey\_stepanov040579@mail.ru

**Шлык Ю.Ф.**

доктор военных наук, профессор,  
Военный учебно-научный центр Сухопутных войск  
«Общевойсковая ордена Жукова академия  
Вооружённых сил Российской Федерации»  
ovavcrf@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемные вопросы и основные направления совершенствования воспитания при организации подготовки будущих офицеров в военных образовательных организациях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации. Исследовано влияние воспитательных аспектов на качество обучения и возможность использования потенциала воспитательной (военно-политической) работы в целях совершенствования обучения.

**Ключевые слова:** воинское обучение, воспитание, образование, патриотизм, военные специалисты.

**Stepanov A.P.**

PhD in Military Sciences,  
Associate Professor,  
Military Educational and Scientific  
Center of the Land Forces  
«Combined Arms Order of  
Zhukov Academy of the Armed Forces  
of the Russian Federation»  
aleksey\_stepanov040579

**Shlyk Yu.F.**

D. Sc. of Military Sciences, Professor,  
Military Educational and Scientific  
Center of the Land Forces  
«Combined Arms Order of  
Zhukov Academy of the Armed Forces  
of the Russian Federation»  
ovavcrf@mail.ru

**Annotation.** The article deals with problematic issues and the main directions of improving education in the organization of training of future officers in military educational organizations of higher education of the Ministry of Defense of the Russian Federation. The influence of educational aspects on the quality of education and the possibility of using the potential of educational (military-political) work in order to improve training is investigated.

**Keywords:** military training, upbringing, education, patriotism, military specialists.

**Н**еобходимость исследования воспитательных аспектов при организации подготовки военных кадров обусловлена положениями руководящих документов Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ) в части, касающейся реализации принципа «единства обучения и воинского воспитания» [2, 3, 6].

Воспитание является приоритетной задачей и на государственном уровне. В настоящее время реализуется Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года. 1 сентября 2020 года вступили в силу изменения в Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», в котором уточнены некоторые термины и определены общие требования к организации воспитания в системе образования [1, 4, 5, 7].

Министерством обороны Российской Федерации ведётся работа по формированию примерной рабочей программы воспитания в составе основных профессиональных образовательных программ. Кроме того, подготавливаются изменения в приказ Министра обороны РФ от 2014 года № 515 и № 670 в части, касающейся организации воспитания обучающихся образовательных организаций общего, среднего профессионального и высшего образования, находящихся в ведении МО РФ.

В действующей редакции Федерального закона «Об образовании в РФ» воспитание определяется как деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитни-

ков Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде [5].

Содержание понятия «воинское воспитание» имеет целостный характер, интегрируя все другие направления воспитания военнослужащих: патриотическое, правовое, физическое, морально-психологическое и т.д. Мероприятия воинского воспитания в Вооружённых силах Российской Федерации осуществляются в рамках военно-политической работы [6].

Рассматривая процесс подготовки военных кадров в военной образовательной организации высшего образования МО РФ (далее вуз) как дидактическую систему, необходимо отметить наличие в ней таких элементов как цель, субъект, объект и результат обучения, а также, определённый инструмент, при помощи которого субъект оказывает воздействие на объект для достижения целей обучения. Воспитательные аспекты в указанной системе, реализуются посредством определения:

- воспитательных целей, планируемых при обучении;
- требований к должностным лицам, организующим и осуществляющим обучение;
- содержания, организации и методики реализации воспитательных целей в ходе обучения;
- порядка использования учебно-материальной базы;
- требований к результативности и эффективности воспитательных мероприятий при проведении учебных занятий (рис. 1).



**Рисунок 1**

Анализ современного состояния соединений, воинских частей и организаций МО РФ в части, касающейся воспитательных аспектов обучения проведён на основании результатов основных мероприятий боевой подготовки; проверок военных образовательных организаций; отзывов на выпускников вузов и учебных центров. Данный анализ позволил выявить ряд противоречий, препятствующих качественному обучению в вузе и развитию воспитания в Вооружённых силах Российской Федерации [8, 9].

Во-первых, это противоречие между объективной необходимостью реализации воспитательных аспектов во всех видах подготовки ВС РФ, обусловленной положениями нормативных правовых документов [2, 3, 5, 6] и современной военно-политической

обстановкой с одной стороны и отсутствием такой возможности, в связи с тем, что в руководящих документах МО РФ не отражены содержание, организация, методика и конкретные мероприятия воспитания, с другой стороны.

Отсутствует единый нормативный правовой акт МО РФ, раскрывающий формы, способы и конкретные воспитательные мероприятия, обязательные для выполнения в повседневной деятельности соединений, воинских частей и организаций МО РФ. Следствием этого является то, что воспитательные аспекты в ходе проведения различных видов учебных занятий, как правило, в достаточной степени не реализуются. Упускается значительный потенциал в повышении качества этих занятий.

Во-вторых, противоречие между необходимостью повышения уровня профессиональной и методической подготовленности руководителей обучения (преподавателей, командиров подразделений, офицеров, прапорщиков, сержантов), обусловленной высокими темпами внедрения достижений науки и техники во все сферы повседневной деятельности ВС РФ, с одной стороны, и невозможностью такого повышения в существующей системе подготовки кадров в интересах обороны России, с другой стороны. Вторая сторона данного противоречия отражена несколькими аспектами:

1. Деятельность вузов по формированию командно-методических навыков и навыков воспитательной работы (КМН и НВР) у курсантов руководящими документами МО РФ не регламентирована. Следствием этого является отсутствие должной согласованности в действиях должностных лиц по привитию КМН и НВР, интеграции учебной и повседневной деятельности в интересах всесторонней подготовки выпускников вузов.

2. Командование воинских частей и организаций МО РФ не заинтересовано в направлении перспективных офицеров в академии, для обучения по программам подготовки научно-педагогических кадров, магистратуры и дополнительного профессионального образования, а также на вышестоящие должности в другие воинские части и организации МО РФ. Конфликт интересов личности офицера, желающего развиваться и расти по карьерной лестнице с одной стороны, и планами руководителей этого офицера, способности которого нужны «здесь и сейчас» с другой стороны, приводит к снижению мотивации к карьерному росту и саморазвитию должностных лиц организующих обучение. В свою очередь, недостаточная компетентность должностных лиц, организующих обучение, не позволяет достаточно полно, реализовывать учебно-воспитательные цели занятий и других мероприятий, выполняемых в рамках боевой подготовки войск, образовательной деятельности вузов, а также повседневной деятельности соединений, воинских частей и организаций МО РФ.

3. Вопросы преемственности являются одной из актуальных проблем современного учебно-воспитательного процесса. В Вооружённых силах Российской Федерации данная проблема решается внедрением такой формы обучения как кураторство (наставничество). Вместе с тем, понятия «куратор (наставник)» а также порядок реализации данной формы обучения ни в нормативных правовых актах РФ, ни в руководящих документах МО РФ не определен.

Недостаточный, а иногда, и откровенно низкий уровень подготовленности младших командиров по вопросам воспитания, подталкивает командование вузов возлагать ответственность за уровень дисциплины, успеваемости, морально-психологическое состояние взвода (учебной группы) и обязанности по организации воспитания этого подразделения на преподавателя-куратора.

При соответствующем, добросовестном отношении преподаватель, конечно же, в состоянии выполнить возложенные на него дополнительные обязанности. Однако, сделать это без ущерба для выполнения своих основных обязанностей, практически невозможно. В тоже время командиры подразделений курсантов (курсовые офицеры, начальники курсов, факультетов), которым оказывают такую «услугу», теряют чувство ответственности, которая возложена на них в соответствии с положениями Устава внутренней службы.

Возможно, было бы эффективнее развивать систему кураторства (наставничества) реализуя потенциал профессорско-преподавательского состава при передаче знаний, умений, навыков, опыта непосредственно командирам, организующим процесс воспитания в подразделении и отвечающим за обучение и воспитание личного состава. А не просто подменять их.

Кроме того, необходимо отметить и упущения в методической деятельности в подразделениях курсантов. Эти упущения касаются реализации принципа воинского обучения и воспитания «каждый командир обучает своих подчинённых и отвечает за их подготовку», а точнее, невыполнение этого принципа в подразделениях курсантов. Система проведения инструктажей и инструкторско-методических занятий (ИМЗ) не работает. В расписании занятий курса (роты) на неделю перед проведением огневой тренировки, или занятия по вождению, найти ИМЗ на тему «Организация занятия на учебном месте ...» в соответствующем разделе, практически невозможно. Вместе с тем, при организации занятий, связанных с изучением вооружения и военной техники, подготовка помощников руководителя занятия (руководителей занятий на учебных местах) имеет очень важное значение.

В качестве некоторых путей решения названных проблемных вопросов, определены:

1. Разработка и реализация примерной рабочей программы воспитания в составе основных профессиональных образовательных программ освоения специальностей подготовки. Определение целей и задач воспитания по уровням образования, согласование их с заинтересованными центральными органами военного управления по направлениям деятельности, распределение полномочий и ответственности. Конкретизация содержания воспитательной работы, её организации и методики, определение воспитательных целей и конкретных мероприятий, выполняемых для их достижения;

2. Совершенствование деятельности военных образовательных организаций высшего образования МО РФ, в части, касающейся повышения профессиональной и методической подготовленности выпускников вузов, интеграция их учебной и повседневной деятельности. Разработка соответствующих нормативных документов МО РФ, регламентирующих порядок привития командно-методических навыков и навыков воспитательной работы;

3. Регламентация деятельности соединений, воинских частей и организаций МО РФ, исключающая конфликтные ситуации в части, касающейся направления перспективных офицеров на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров, магистратуры, дополнительного профессионального образования;

4. Обеспечение преемственности в вопросах повышения профессионального мастерства офицеров. Развитие и регламентация института наставничества.

В заключении, возвращаясь к подготовке военных специалистов в военных образовательных организациях высшего образования МО РФ, следует подчеркнуть, что какими бы совершенными не были современные образцы вооружения и военной техники, поступающие на оснащение войск и учебно-материальная база для их изучения, качественная организация этого процесса невозможна, без осознания обучающимися потребности в качественном усвоении учебного материала, мотивации и активизации их учебной деятельности, а также обеспечения необходимого уровня профессиональной и методической подготовленности должностных лиц, организующих обучение.

#### **Список литературы:**

1. Военная доктрина РФ: утверждена Указом Президента РФ 25 декабря 2014 г. № Пр-2976. – М. : Приложение к «Российской газете» от 30 декабря 2014 г. – С. 5–22.
2. Наставление по боевой подготовке в ВС РФ. (Утверждено и введено в действие приказом Министра обороны Российской Федерации 2013 года № 760).
3. Приказ МО РФ от 15 сентября 2014 г. № 670 «О мерах по реализации отдельных положений статьи 81 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в РФ» [Электронный ресурс]. – URL : <http://base.garant.ru/70791866/> (дата обращения 12.09.2021).
4. Распоряжение Правительства РФ от 29.05.2015 № 996-р «Об утверждении Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. – URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_180402/400951e1bec44b76d470a1deda8b17e988c587d6/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180402/400951e1bec44b76d470a1deda8b17e988c587d6/) (дата обращения 12.09.2021).
5. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 24.03.2021) [Электронный ресурс]. – URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (дата обращения 12.09.2021).

6. Основы организации военно-политической работы в ВС РФ. Утверждены приказом МО РФ от 22 июля 2019 г. № 404 «Об организации военно-политической работы в ВС РФ».
7. Основы информационного обеспечения деятельности Вооруженных Сил Российской Федерации / Е.В. Манжула [и др.]. – Общевойсковая академия, 2021. – 142 с.
8. Степанов А.П., Подтележников М.Ю., Абрамова И.А. Военно-политическая работа – неотъемлемая часть образовательной деятельности // В сборнике: Актуальные проблемы подготовки специалистов материально-технического обеспечения с учётом интеграции образовательной и повседневной деятельности. материалы I-й Всероссийской научно-практической конференции. – Омск : ОАБИИ, 2020. – С. 50–56.
9. Степанов А.П., Абрамова И.А., Ляпин В.А. Психолого-педагогическая подготовка офицеров к выполнению задач по предназначению в современных условиях // Физическая культура в системе профессионального образования: идеи, технологии и перспективы: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции (Омск, 2 апреля 2021 г.). – Омск : Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2021. – С. 199–204.

*Научное издание*

# **НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО**

**Сборник научных статей XII Международной  
научно-практической конференции  
«Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского»  
22–23 декабря 2021 года**

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – А.С. Семенов  
Компьютерная верстка – М.Н. Гусева  
Дизайн обложки – О.Я. Фоменко

Подписано в печать 10.02.2022  
Бумага «Снегурочка»  
Печ. л. 28,0  
Усл. печ. л. 26,0  
Уч.-изд. л. 23,4

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>  
Печать трафаретная  
Изд. № 1221  
Тираж 50 экз.  
Заказ № 2332

ООО «Издательский Дом – Юг»  
350010, г. Краснодар, ул. Зиповская 9, литер «Г», оф. 41/3  
тел. +7(918) 41-50-571

e-mail: [id.yug2016@gmail.com](mailto:id.yug2016@gmail.com) Сайт: <http://www.id-yug.com>