



Общероссийская общественная организация  
«Российская инженерная академия»

All-russian public organization  
«Russian Engineering Academy»

**НАУКА. ТЕХНИКА.  
ТЕХНОЛОГИИ**  
(политехнический вестник)

---

**SCIENCE. ENGINEERING.  
TECHNOLOGY**  
(polytechnical bulletin)

**№ 2**

**2021**



Общероссийская общественная организация  
«Российская инженерная академия»

All-russian public organization  
«Russian Engineering Academy»

**НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ**  
**(политехнический вестник)**

2021, № 2

(печатная версия научного  
мультидисциплинарного журнала  
«Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)»

[www.id-yug.com](http://www.id-yug.com)

Основан в 2013 г.

ISSN 2309-3250 (print) ISSN 2309-3269 (on-line)

Свидетельство о регистрации СМИ:  
ПИ № ФС77-53093 от 07 марта 2013 г.  
Эл № ФС77-53092 от 07 марта 2013 г.

Лицензионный договор Научная Электронная Библиотека (НЭБ)  
(Российский индекс научного цитирования)  
№ 446-07/2013 от 30 июля 2013 г.

---

**SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY**  
**(polytechnical bulletin)**

2021, № 2

(printing version of the scientific multidisciplinary magazine  
«Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin)»

[www.id-yug.com](http://www.id-yug.com)

It is founded in 2013.

ISSN 2309-3250 (print) ISSN 2309-3269 (on-line)

Certificate on registration of mass media:  
ПИ № ФС77-53093 of March 07, 2013.  
Эл № ФС77-53092 of March 07, 2013.

License contract Scientific Electronic Library (SEL)  
(Russian index of scientific citing)  
№ 446-07/2013 of July 30, 2013.

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ----- EDITOR-IN-CHIEF**

**БЕРЕЖНОЙ Сергей Борисович,**

Академик Российской инженерной академии, доктор технических наук, профессор, директор, Краснодарский колледж управления, техники и технологий.

**BEREZHNOY Sergey Borisovich,**

Academician of the Russian Engineering Academy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director, Krasnodar College of Management, Engineering and Technology.

**ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА: ----- DEPUTY CHIEF EDITORS:**

**КАСЬЯНОВ Геннадий Иванович,**

Член Президиума Российской инженерной академии, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания животного происхождения», Кубанский государственный технологический университет.

**KASYANOV Gennady Ivanovich,**

Member of the Presidium of the Russian Engineering Academy, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology of food of animal origin», Kuban State Technological University.

**ФОМЕНКО Олег Яковлевич,**

кандидат технических наук, доцент,  
директор, ООО «Издательский Дом – Юг».

**FOMENKO Oleg Yakovlevich,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Director of JSC «Publishing House – South».

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ: ----- EDITORIAL COUNCIL:**

**АНТОНИАДИ Дмитрий Георгиевич,**

Академик Российской академии естественных наук, Заслуженный работник нефтяной и газовой промышленности РФ, доктор технических наук, профессор, директор института нефти, газа и энергетики, заведующий кафедрой нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна, Кубанский государственный технологический университет.

**ANTONIADI Dmitry Georgiyevich,**

Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Honored Worker of the Oil and Gas Industry of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Institute of Oil, Gas and Power Engineering, Head of the Professor G.T. Vartumyan Chair of Oil and Gas Engineering, Kuban State Technological University.

**АТРОЩЕНКО Валерий Александрович,**

Член-корреспондент Российской академии естествознания, Почетный энергетик Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники, Кубанский государственный технологический университет.

**ATROSHCHENKO Valery Aleksandrovich,**

Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Honorary Power Engineer of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Informatics and Computer Engineering, Kuban State Technological University.

**АХМЕДОВ Магомед Эминович,**

доктор технических наук, профессор кафедры пищевых производств общественного питания и товароведения, Дагестанский государственный технический университет.

**AKHMEDOV Magomed Eminovich,**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Production of Catering and Merchandising, Dagestan State Technical University.

**БЛЕДНОВА Жесфина Михайловна,**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры систем управления и технологических комплексов, Кубанский государственный технологический университет».

**BLEDNOVA Zhesfina Mikhaelovna,**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Control Systems and Technological Complexes, Kuban State Technological University.

**ВИКТОРОВА Елена Павловна,**

Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, Кубанский государственный технологический университет.

**VIKTOROVA Elena Pavlovna,**

Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Fats Technology, Cosmetics, Merchandising, Processes and Devices, Kuban State Technological University.



**ГЛАДИЛИН Александр Васильевич,**

Член-корреспондент Российской академии естественных наук, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и внешнеэкономической деятельности, Северо-Кавказский федеральный университет.

**GLADILIN Alexander Vasilyevich,**

Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Economics and Foreign Economic Activity Department, North Caucasus Federal University.

**ДОМБРОВСКИЙ Александр Николаевич,**

Академик Российской академии транспорта, Почетный дорожник России, Заслуженный экономист Кубани, Действительный муниципальный советник 1 класса, научный редактор журнала «Бюджет».

**DOMBROVSKY Alexander Nikolaevich,**

Academician of the Russian Academy of Transport, Honorary Road Builder of Russia, Honored Economist of Kuban, Full Municipal Advisor 1st Class, Scientific editor of the journal «Budget».

**ЗАПОРОЖСКИЙ Алексей Александрович,**

Член-корреспондент Российской инженерной академии, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технология продуктов питания животного происхождения», Кубанский государственный технологический университет.

**ZAPOROZHSKY Alexey Alexandrovich,**

Corresponding Member of the Russian Academy of Engineering, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department «Technology of food of animal origin», Kuban State Technological University.

**ЗОЛОТОКОПОВА Светлана Васильевна,**

доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Технология товаров и товароведение», Астраханский государственный технический университет.

**ZOLOTKOPOVA Svetlana Vasilyevna,**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Technology of Goods and Merchandising», Astrakhan State Technical University.

**ИБРАГИМОВ Рафик Салман оглы,**

кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазовой инженерии, Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности.

**IBRAHIMOV Rafik Salman oglu,**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Oil and Gas Engineering, Azerbaijan State University of Oil and Industry.

**КАЗЕЕВ Камиль Шагидуллоевич,**

доктор географических наук, доктор биологических наук, профессор, директор Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет.

**KAZEEV Kamil Shagidulloevich,**

Doctor of Geographical Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Southern Federal University.

**КОЛЕСНИКОВ Сергей Ильич,**

Член президиума ВАК РФ, Эксперт РАН, Член Центрального совета Общества почвоведов доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования, Южный федеральный университет.

**KOLESNIKOV Sergey Ilyich,**

Member of the Presidium of VAK RF, Expert of RAS, Member of the Central Council of the Society of Soil Scientists, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management, Southern Federal University.

**МОСКВИЧ Вадим Константинович,**

кандидат технических наук, профессор.

**MOSKVICH Vadim Konstantinovich,**

Candidate of Technical Sciences, Professor.

**ОЛЬХОВАТОВ Егор Анатольевич,**

Член-корреспондент Российской инженерной академии, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

**OLKHOVATOV Egor Anatolievich,**

Corresponding member of the Russian Engineering Academy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of technology of storage and processing of crop products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

**ПОЛИДИ Александр Анатольевич,**

доктор экономических наук, профессор, заслуженный экономист Кубани, профессор, проректор по инновационной деятельности, Институт современных технологий и экономики.

**POLIDI Alexander Anatolyevich,**

Doctor of Economics, Professor, Distinguished Economist of Kuban, Professor, Vice-Rector for Innovative Activity, Institute of Modern Technologies and Economics.

**САВЕНОК Ольга Вадимовна**

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики, Ухтинский государственный технический университет.

**SAVENOK Olga Vadimovna,**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Oil and Gas Fields Development and Exploitation and Underground Hydromechanics, Ukhita State Technical University.

**САЖИН Виктор Борисович,**

Член Президиума Российской инженерной академии, Член Президиума Комитета РосНИО по проблемам сушки и термовлажностной обработки материалов, доктор технических наук, профессор.

**SAZHIN Victor Borisovich,**

Member of the Presidium of the Russian Engineering Academy, member of the Presidium of the RosNIO Committee on the Problems of Drying and Thermal-Moisture Treatment of Materials, Doctor of Technical Sciences, Professor.

**СЕКИСОВ Александр Николаевич,**

Академик Российской инженерной академии, кандидат экономических наук, доцент кафедры технологии, организации, экономики, строительства и управления недвижимостью, Кубанский государственный технологический университет.

**SEKISOV Alexander Nikolaevich,**

Academician of the Russian Engineering Academy, Candidate of Economics Sciences, Associate Professor of the Department of Technology, Organization, Economics, Construction and Real Estate Management, Kuban State Technological University.

-----  
**СИМАНКОВ Владимир Сергеевич,**

действительный член Международной академии наук прикладной радиоэлектроники, Заслуженный деятель науки Кубани, Эксперт федерального реестра научно-технической сферы, доктор технических наук, профессор, ректор, Институт современных технологий и экономики.

**SIMANKOV Vladimir Sergeevich,**

Full member of the International Academy of Sciences of Applied Radioelectronics, Honored Scientist of Kuban, Expert of the Federal Register of Scientific and Technical Sphere, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, Institute of Modern Technologies and Economics.

-----  
**СМЕЛЯГИН Анатолий Игоревич,**

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры наземного транспорта и механики, Кубанский государственный технологический университет.

**SMELYAGIN Anatoly Igorevich,**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Land Transport and Mechanics, Kuban State Technological University.

-----  
**ТРУФЛЯК Евгений Владимирович,**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

**TRUFLYAK Evgeny Vladimirovich,**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine-Tractor Fleet Operation, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin.

-----  
**ТУЛЕШОВ Амандык Куатович,**

доктор технических наук, профессор, генеральный директор Института механики и машиноведения им. академика У.А. Джолдасбекова Комитета науки МОН Республики Казахстан.

**TULESHOV Amandyk Kuvatovich,**

Doctor of Technical Sciences, Professor, General Director of the Joldasbekov Institute of Mechanics and Machine Science of the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

-----  
**УРТЕНОВ Махамет Али Хусеевич,**

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики, Кубанский государственный университет.

**URTENOV Makhamet al.i Huseevich,**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the department of applied mathematics, Kuban state university.

**УДОДОВ Сергей Алексеевич,**

Академик Российской инженерной академии, кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе и инновациям, Кубанский государственный технологический университет.

**UDODOV Sergey Alekseevich,**

Academician of the Russian Engineering Academy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Kuban State Technological University.

**УСАТИКОВ Сергей Васильевич,**

доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры математических и компьютерных методов, Кубанский государственный технологический университет.

**USATIKOV Sergey Vasilyevich,**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mathematical and Computer Methods, Kuban State Technological University.

**ЧЕРНЫХ Анатолий Иосифович,**

кандидат технических наук, доктор педагогических наук, профессор, директор многоотраслевого института подготовки и переподготовки специалистов, Кубанский государственный технологический университет.

**CHERNYKH Anatoly Iosifovich,**

Candidate of Technical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Director of the Multidisciplinary Institute for Training and Retraining of Specialists, Kuban State Technological University.

**ЧЕШЕВ Анатолий Степанович,**

академик Российской академии естественных наук, академик Академии аграрного образования, доктор экономических наук, профессор, главным редактором журнала «Экономика и экология территориальных образований», Донской государственный технический университет.

**CHESHEV Anatoly Stepanovich,**

Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Academician of the Academy of Agrarian Education, Doctor of Economics, Professor, Editor-in-Chief of the journal «Economics and Ecology of Territorial Formations», Don State Technical University.

**ШАЗЗО Аслан Юсуфович,**

действительный член Международной академии энергоинформационных наук, член-корреспондент Международной академии промышленной экологии, доктор технических наук, профессор, директор Института пищевой и перерабатывающей промышленности, Кубанский государственный технологический университет.

**SHAZZO Aslan Yusufovich,**

Full Member of the International academy of power information sciences, Corresponding Member of the International academy of industrial ecology, Doctor of Engineering, Professor, Director of the Institute of Food and Processing Industry, Kuban State Technological University.

**ШАПОШНИКОВА Татьяна Леонидовна,**

кандидат физико-математических наук, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой физики, директор технопарка «Квант Кубань-КубГТУ», Кубанский государственный технологический университет.

**SHAPOSHNIKOVA Tatyana Leonidovna,**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the department of physics, Director of Technopark «Kvant KubGTU», Kuban state technological university.

-----  
**ШИПУЛИН Валентин Иванович,**

доктор технических наук, профессор кафедры пищевых технологий и инжиниринга, Северо-Кавказский федеральный университет.

**SHIPULIN Valentin Ivanovich,**

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology and Engineering, North Caucasus Federal University.

-----  
**ЯСЬЯН Юрий Павлович,**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии нефти и газа, Кубанский государственный технологический университет.

**YASYAN Yury Pavlovich,**

Doctor of Engineering, Professor, Head of the department of technology of oil and gas, Kuban state technological university.

**УЧРЕДИТЕЛЬ**

ООО «Издательский Дом – Юг»

**FOUNDER**

JSC «Publishing House – South»

**АДРЕС РЕДАКЦИИ  
ИЗДАТЕЛЯ:**

Россия, 350072, Краснодарский край,  
г. Краснодар, ул. Зиповская 9,  
литер «Г», оф. 41/3

**ADDRESS OF EDITION  
AND PUBLISHER:**

Russia, 350072, Krasnodar Krai,  
Krasnodar, Zipovskaya St., 9,  
letters «G», office 41/3

**ЗАВЕДУЮЩИЙ РЕДАКЦИЕЙ**

Фоменко Ирина Ивановна  
Тел.: +7(918) 41-50-571

**MANAGER OF EDITION**

Fomenko Irina Ivanovna  
Ph.: +7(918) 41-50-571

e-mail: id.yug2016@gmail.com, set@id-yug.com

**ДИРЕКТОР ИЗДАТЕЛЬСТВА**

Фоменко Олег Яковлевич  
Тел.: +7(918) 41-50-571

**DIRECTOR OF PUBLISHING HOUSE**

Fomenko Oleg Yakovlevich  
Ph.: +7(918) 41-50-571

e-mail: id.yug2016@gmail.com, set@id-yug.com

**[www.id-yug.com](http://www.id-yug.com)**

# ОГЛАВЛЕНИЕ / CONTENTS

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## TECHNICAL SCIENCES

**Беседин Е.А., Лакашия С.Т., Кутарба А.Р.**

Современная минимальная защита  
высоковольтных синхронных электродвигателей ..... 19

**Besedin E.A., Lakashia S.T., Kutarba A.R.**

Modern minimal protection of high-voltage synchronous electric motors

**Виноградова К.Е.**

Современные методы усиления каменной кладки существующих зданий ..... 26

**Vinogradova K.E.**

Modern methods of strengthening the masonry of existing buildings

**Добробаба Ю.П., Кушнарченко А.П.**

Аналитические зависимости контролируемых координат прецизионного  
электропривода от времени при отработке оптимальной  
по быстродействию диаграммы с ограничениями ..... 31

**Dobrobaba Y.P., Kushnarenko A.P.**

Analytical dependences of the monitored coordinates of  
a precision electric drive on time in working out the optimum  
performance constrained diagram

**Добробаба Ю.П., Кушнарченко А.П.**

Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного  
органа прецизионного электропривода с ограничениями максимального  
значения тока, второй и третьей производных скорости ..... 47

**Dobrobaba Y.P., Kushnarenko A.P.**

The speed-optimized motion diagram of a precision electric actuator  
with the limitations of the maximum current value, second and  
third derivatives of velocity

**Добробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чернуха М.В., Кияшко Д.С.**

Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма  
перемещения исполнительного органа электропривода  
при ограничениях по напряжению, по максимальному и  
минимальному значениям тока ..... 52

**Dobrobaba Y.P., Murlina V.A., Chernukha M.V., Kiyashko D.S.**

Close to the optimal speed diagram of movement of the executive body of  
the electric drive under voltage limitations, at the maximum and  
minimum current values

**Добробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чувилин Н.А.**

Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с пятью корнями  
кратностью один характеристического уравнения ..... 64

**Dobrobaba Y.P., Murlina V.A., Chuvilin N.A.**

Analysis of transitional characteristics of the fifth order system with five roots  
with multiple one of the characteristic equation

<b>Занин Д.Е., Касьянов Д.Г.</b> Разработка адаптивной системы управления процессами извлечения флавоноидов из растительного сырья.....	69
<b>Zanin D.E., Kasyanov D.G.</b> Development of an adaptive control system for the extraction of flavonoids from plant raw materials	
<b>Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Шепелева М.Д., Запрягаева В.В.</b> Современные подходы к совершенствованию транспортно-экспедиционной деятельности.....	78
<b>Konovalova T.V., Nadiryay S.L., Shepeleva M.D., Zapryagaeva V.V.</b> Modern approaches to improving freight forwarding activities	
<b>Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Шепелева М.Д., Запрягаева В.В.</b> Особенности территориально-транспортного планирования развивающихся территорий городов.....	83
<b>Konovalova T.V., Nadiryay S.L., Shepeleva M.D., Zapryagaeva V.V.</b> Features of territorial and transport planning of developing urban areas	
<b>Коновалова Т.В., Миронова М.П., Миронова Ю.П., Надирян С.Л.</b> Особенности организации дорожного движения при проведении массовых мероприятий в городах.....	88
<b>Konovalova T.V., Mironova M.P., Mironova Y.P., Nadiryay S.L.</b> Features of the organization of traffic during mass events in cities	
<b>Кузьмина М.А., Лысенко Е.Г., Надирян С.Л.</b> Проблемы организации дорожного движения в России.....	93
<b>Kuzmina M.A., Lysenko E.G., Nadiryay S.L.</b> Problems of traffic management in Russia	
<b>Кузьмина М.А., Моховиков Н.С., Надирян С.Л.</b> Повышение инновационной активности транспортных компаний.....	97
<b>Kuzmina M.A., Mokhovikov N.S., Nadiryay S.L.</b> Increasing the innovative activity of transport companies	
<b>Кузьмина М.А., Сунгуртян О.С., Надирян С.Л.</b> Состояние автодорожной сети Российской Федерации.....	101
<b>Kuzmina M.A., Sungurtyan O.S., Nadiryay S.L.</b> State of the road network of the Russian Federation	
<b>Ольховатов Е.А., Касьянов Г.И., Христюк А.В.</b> Оценка значимости биохимических критериев пригодности винограда красных технических сортов к винификации.....	105
<b>Olkhovатов E.A., Kasyanov G.I., Khristyuk A.V.</b> Assessment of the significance of biochemical criteria suitability of red technical grapes varieties for vinification	
<b>Себелева А.А., Каранова В.В.</b> Усиления конструкций после последствий пожара.....	110
<b>Sebeleva A.A., Karanova V.V.</b> Reinforcement of structures after the consequences of a fire	
<b>Терентьева В.С.</b> Композитные материалы, применяемые при усилении зданий и сооружений.....	114
<b>Terentjeva V.S.</b> Composite materials used in the reinforcement of buildings and structures	
<b>Чагина А.С.</b> Усиление железобетонных колонн.....	118
<b>Chagina A.S.</b> Reinforcement of reinforced concrete columns	



**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**  
**SCIENCES ABOUT THE EARTH**

**Абзалов А.В., Савенок О.В.**

Геолого-промысловая характеристика и анализ текущего состояния  
разработки черногорского месторождения ..... 125

**Abzalov A.V., Savenok O.V.**

Geological and field characteristics and analysis of the current state of  
development of the chernogorskoye field

**Гасумов Э.Р.**

Планирования финансовых лимитов на проведение работ  
по техническому обслуживанию газовых скважин ..... 136

**Gasumov E.R.**

Planning financial limits for maintenance of gas wells

**Грибкова И.С., Дражецкий Д.А., Пачев К.В.**

Современное использование и обеспечение сохранности старинных карт ..... 143

**Gribkova I.S., Drazhetsky D.A., Pachev K.V.**

Modern use and preservation of old maps

**Ибрагимов Р.С., Бахшалиева Ш.О., Ефендиева Л.З.,**

**Байрамов Э.И., Муберекли И.Ш., Салманов Н.Р.**

Анализ промыслового материала для коррекции закономерностей  
естественного искривления скважин ..... 147

**Ibrahimov R.S., Bakhshaliyeva S.O., Efendiyeva L.Z.,**

**Bairamov E.I., Muberekli I.S., Salmanov N.R.**

Analysis of field material to correct the natural deviations of wells

**Ибрагимов Р.С., Бахшалиева Ш.О., Ибрагимов З.Р.,**

**Гасанов А.Я., Мегралиев А.В., Руфулфев И.Н.**

Влияния температурного фактора на величину гидростатического  
давления при бурении глубоких скважин с морских буровых установках ..... 150

**Ibrahimov R.S., Bakhshaliyeva S.O., Efendiyeva L.Z.,**

**Bairamov E.I., Muberekli I.S., Salmanov N.R.**

The influence of the temperature factor on the value of Hydrostatic  
pressure when drilling deep wells from offshore rigs

**Ибрагимов Р.С., Бахшалиева Ш.О., Ибрагимов З.Р.**

Особенности бурения кустовых скважин с самоподъемных  
буровых установок на площадях Абшеронского архипелага ..... 153

**Ibrahimov R.S., Bakhshaliyeva S.O., Ibrahimov Z.R.**

Specific features of drilling brush wells from self-up drilling rigs at  
the sites of the Absheron archipelago

**Меринов И.А., Савенок О.В.**

Анализ применения технологии интеллектуального заканчивания скважин  
на Сахновском нефтегазовом месторождении ..... 156

**Merinov I.A., Savenok O.V.**

Analysis of the application of the technology of intelligent well completion  
on the Sakhnovskoye oil and gas field

**Нешков А.И., Савенок О.В.**

Анализ проведения соляно-кислотной обработки скважин  
Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения ..... 172

**Neshkov A.I., Savenok O.V.**

Analysis of carrying out hydrochloric acid treatment of wells of  
the North-Khosedayuskoye oil field

<b>Радзиевский Г.А., Савенок О.В.</b> Построение цифровых моделей Хасырейского нефтяного месторождения с целью геологического обоснования его доразведки .....	186
<b>Radzievsky G.A., Savenok O.V.</b> Construction of digital models of the Khasyreyskoye oil field for the purpose of geological substantiation of its additional exploration	

<b>Талеев А.Е., Савенок О.В.</b> Анализ геолого-промысловой информации Восточно-Ламбейшорского месторождения.....	216
<b>Taleev A.E., Savenok O.V.</b> Analysis of geological and field information of the Vostochno-Lambeysorskoye field	

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

## PEDAGOGICAL SCIENCES

<b>Божко С.В., Лагкуев М.С., Сулейманов К.М., Терехов В.В.</b> Роль и место современных технологий в образовательном процессе лётного состава .....	229
<b>Bozhko S.V., Lagkuev M.S., Suleymanov K.M., Terekhov V.V.</b> The role and place of modern technologies in the educational process of flight personnel	

<b>Дворная З.М., Дворная З.Л.</b> Особенности компетентного подхода к профессиональной деятельности преподавателя технического вуза .....	239
<b>Dvornaya Z.M., Dvornaya Z.L.</b> Features of the competence approach to professional activity a teacher of a technical university	

<b>Кайшева А.И., Лысенко Н.В., Ерёменко В.Н., Синько О.В., Питкин В.А.</b> Влияние питания на функциональное состояние человека, занимающегося физической культурой.....	243
<b>Kaisheva A.I., Lysenko N.V., Eremenko N.B., Sinko O.V., Pitkin V.A.</b> Influence of nutrition on the functional state of a person engaged in physical culture	

<b>Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В.</b> Учимся правильно мыслить и правильно выражать мысль .....	248
<b>Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V.</b> We learn to think correctly and express a thought correctly	

<b>Питкин В.А., Орденко Ю.А.</b> Развитие тенденции здорового образа жизни среди молодёжи XXI века.....	254
<b>Pitkin V.A., Ordenko Y.A.</b> Development of healthy lifestyle trends among the youth of the XXI century	

<b>Питкин В.А., Синько О.В., Тюпенькова Г.Е.</b> Роль адаптивной физической культуры в развитии личности студентов вуза .....	257
<b>Pitkin V.A., Sinko O.V., Tyupenkova G.E.</b> Role of adaptive physical culture in personality development of university students	

<b>Питкин В.А., Еременко В.Н.</b> Физическое и психоэмоциональное состояние студентов в период самоизоляции.....	261
<b>Pitkin V.A., Eremenko V.N.</b> Physical and psychoemotional state of students during the period of self-isolation	
<b>Чашкова О.Ю., Мягков Н.С.</b> Совершенствование функциональных возможностей организма студентов средствами физической культуры.....	266
<b>Chashkova O.Y., Myagkov N.S.</b> Improving the functional capabilities of the students organism by means of physical culture	



**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**



**TECHNICAL SCIENCES**



УДК 621.316.925

**СОВРЕМЕННАЯ МИНИМАЛЬНАЯ ЗАЩИТА  
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**



**MODERN MINIMAL PROTECTION OF  
HIGH-VOLTAGE SYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS**

**Беседин Евгений Алексеевич**

кандидат технических наук, доцент  
кафедры электроснабжения промышленных предприятий,  
Кубанский государственный технологический университет  
omega54@mail.ru

**Лакашия Саид Темурович**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
lakashiya.said@mail.ru

**Кутарба Алан Романович**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
kutarbaalan@gmail.com

**Аннотация.** В статье сделан анализ основных ненормальных режимов высоковольтных синхронных и асинхронных электродвигателей. Рассмотрены основные виды релейной защиты, применяемые для защиты высоковольтных синхронных электродвигателей. Подробно рассмотрена минимальная защита по напряжению высоковольтного синхронного электродвигателя на современной электронной базе. Отмечены основные преимущества рассмотренного устройства минимальной защиты синхронных электродвигателей.

**Ключевые слова:** ненормальные режимы электродвигателей, релейная защита высоковольтных синхронных электродвигателей, минимальная защита высоковольтных синхронных электродвигателей.

**Besedin Evgeniy Alexeevich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Associate Professor of  
the Department of Power Supply of  
Industrial Enterprises,  
Kuban State Technological University  
omega54@mail.ru

**Lakashia Said Temurovich**

Student,  
Kuban State Technological University  
lakashiya.said@mail.ru

**Kutarba Alan Romanovich**

Student,  
Kuban State Technological University  
kutarbaalan@gmail.com

**Annotation.** The article analyzes the main abnormal modes of high-voltage synchronous and asynchronous electric motors. The main types of relay protection used to protect high-voltage synchronous electric motors are considered. The minimum voltage protection of a high-voltage synchronous electric motor on a modern electronic base is considered in detail. The main advantages of the considered device of minimal protection of asynchronous electric motors are noted.

**Keywords:** abnormal modes of electric motors, relay protection of high-voltage synchronous electric motors, minimal protection of high-voltage synchronous electric motors.

Для синхронных и асинхронных электродвигателей напряжением выше 1 кВ предусматриваются устройства релейной защиты, действующие при: многофазных коротких замыканиях на выводах и в обмотках статора; перегрузках, вызванных технологическими причинами и затянувшимся пуском или самозапуском; исчезновении или длительном снижении напряжения. В необходимых случаях должна устанавливаться защита от однофазных замыканий на землю. Обычно эти защиты выполняются с помощью вторичных реле прямого действия или реле косвенного действия на оперативном переменном токе. Наряду с ними все чаще находят применение микропроцессорные устройства. Электродвигатели снабжаются также устройствами АПВ и АВР. Рассмотрим возможные релейно-контактные схемы защиты и автоматики [1, 2].

*Защита от многофазных коротких замыканий.* Для защиты от многофазных коротких замыканий применяются плавкие предохранители, токовые отсечки без выдержки времени и продольные дифференциальные защиты.

Плавкие предохранители могут быть использованы при подключении электродвигателя к сети через выключатель нагрузки. Предохранитель должен удовлетворять условиям:

$$\left. \begin{aligned} U_{\text{пр.ном}} &= U_c \\ I_{\text{пр.откл}} &= I_{\text{к.мах}} \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} I_{\text{вс.ном}} &\geq k_{\text{отс}} I_{\text{раб.мах}} \\ I_{\text{вс.ном}} &\geq I_{\text{пер}} / k_{\text{пер}} \\ I_{\text{вс.ном}} &\geq I_{\text{к.мин}} / (10 \dots 15) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где  $I_{\text{раб.мах}}$  – максимальный рабочий ток, проходящий через предохранитель;  
 $k_{\text{отс}}$  – коэффициент отстройки, равный  $k_{\text{отс}} = 1,1 \dots 1,25$ .

При этом в качестве максимального рабочего тока  $I_{\text{раб.мах}}$  берется номинальный ток электродвигателя  $I_{\text{д.ном}}$ , а ток кратковременной перегрузки  $I_{\text{пер}}$  принимается равным пусковому току  $I_{\text{пуск}}$  электродвигателя.

Токовая отсечка без выдержки времени устанавливается на электродвигателях мощностью  $P_{\text{д}} < 5000$  кВт, причем для электродвигателей мощностью  $P_{\text{д}} < 2000$  кВт она выполняется однорелейной, с включением реле на разность токов двух фаз. Если чувствительность отсечки оказывается недостаточной ( $k_{\text{ч}} < 2,0$  при металлическом коротком замыкании на выводах обмотки статора) или если привод выключателя имеет два реле тока прямого действия, применяют двухрелейную отсечку, которая является обязательной для электродвигателей мощностью  $P_{\text{д}} > 2000$  кВт. Если на электродвигателях мощностью  $P_{\text{д}} > 2000$  кВт отсутствует защита от однофазных замыканий на землю, то их отключение при двойных замыканиях на землю возлагается на токовую отсечку. В таком случае она выполняется трехфазной трехрелейной. Возможные схемы токовых отсечек электродвигателей мощностью  $P_{\text{д}} < 2000$  кВт показаны на рисунке 1.

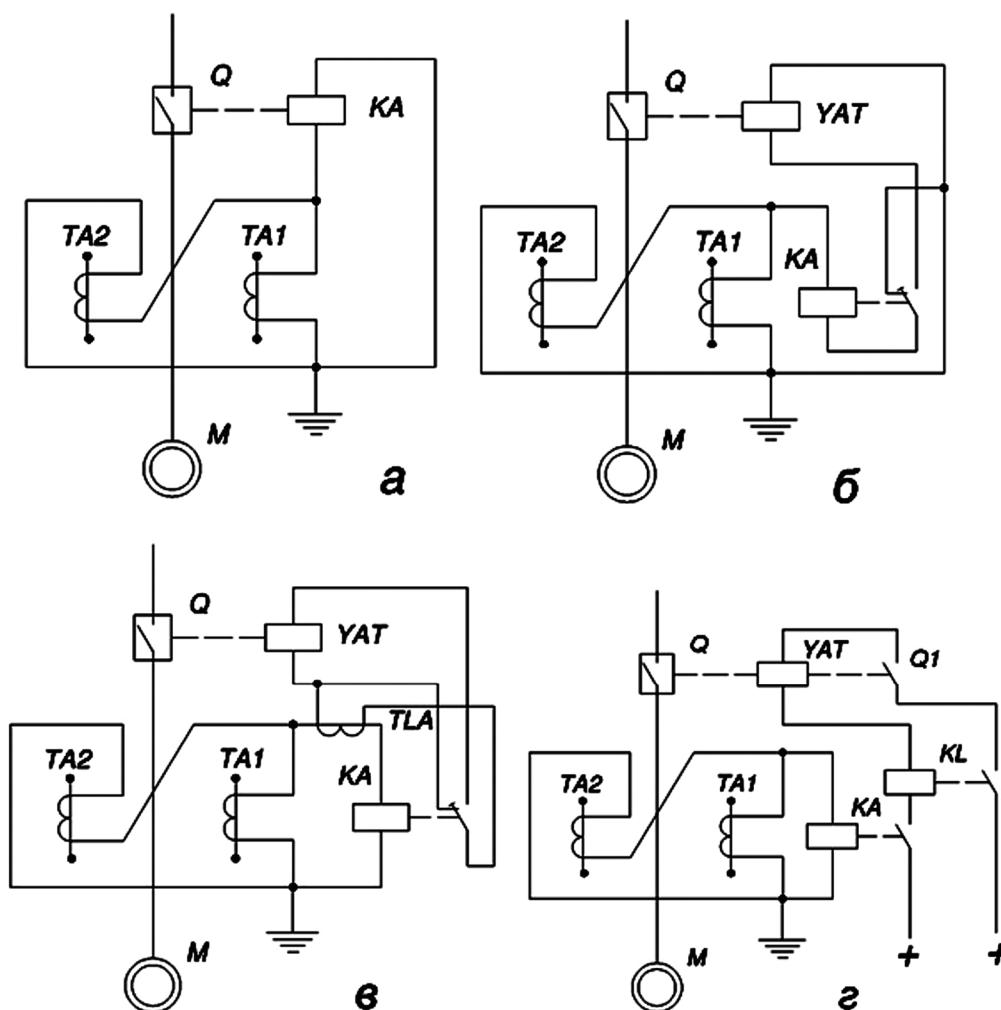


Рисунок 1 – Токовая отсечка на переменном и постоянном оперативном токе



В первых двух схемах (рис. 1, а, б) применяются реле тока КА прямого действия и реле с переключающим контактом, дешунтирующим электромагнит отключения УАТ. Применение насыщающегося трансформатора тока ТЛА в третьей схеме (рис. 1, в) и промежуточного реле КЛ в последней схеме (рис. 1, г) необходимо для уменьшения нагрузки на контакты реле тока. Ток срабатывания реле токовой отсечки выбирается с учетом отстройки от максимального пускового тока  $I_{\text{пуск.мах}}$  при выведенных пусковых устройствах по условию:

$$I_{\text{с.р.}}^I = k_{\text{отс}}^I k_{\text{сх}}^{(3)} I_{\text{пуск.мах}} / k_I. \quad (3)$$

При этом коэффициент отстройки берут в пределах  $k_{\text{отс}}^I = 2 \dots 2,5$  для реле прямого действия;  $k_{\text{отс}}^I = 1,8 \dots 2,0$  для электромагнитного элемента индукционных реле РТ-80;  $k_{\text{отс}}^I = 1,4 \dots 1,5$  для электромагнитных реле РТ-40. Чувствительность отсечки считается достаточной, если при двухфазных коротких замыканиях на выводах электродвигателя коэффициент чувствительности  $k_{\text{ч}} < 2,0$ . Токовая отсечка может быть выполнена также с использованием реле на интегральных микросхемах в составе ЯРЭ-22015. Однако для отстройки ее от токов в режимах пуска и самозапуска ток срабатывания, определенный по выражению (3), следует увеличить примерно в 1,5 раза.

Продольная дифференциальная защита устанавливается на электродвигателях мощностью  $P_{\text{д}} \geq 5000$  кВт и меньше, если токовая отсечка оказывается недостаточно чувствительной. Для упрощения защита выполняется двухфазной. В трехфазном исполнении она рекомендуется только, если двигатели мощностью  $P_{\text{д}} \geq 5000$  кВт не имеют быстродействующей защиты от замыкания на землю.

Схемы дифференциальной защиты электродвигателя выполняются аналогично схемам дифференциальной защиты генератора. Ток срабатывания продольной дифференциальной защиты, в том числе и электродвигателя, должен отстраиваться от максимального тока небаланса  $I_{\text{нб.р.сч.мах}}$ . Наибольшего значения ток небаланса достигает при пусках электродвигателя.

В результате исследования обнаружено, что ток небаланса практически не содержит апериодической составляющей и достигает значения номинального тока двигателя. Поэтому  $k_{\text{отс}}$  для реле РНТ в ряде случаев приходится выбирать таким же, как и для реле РТ-40. Для повышения чувствительности защиты целесообразно использовать реле с торможением. Реле ДЗТ-11 позволяет принимать минимальный ток срабатывания защиты при отсутствии торможения  $(0,75 \dots 1,4)I_{\text{д.ном}}$ . На электродвигателе может быть использована также защита, входящая в комплект устройства ЯРЭ-2201, при этом минимальный ток срабатывания можно снизить до  $0,5I_{\text{д.ном}}$ .

*Защита от замыканий на землю.* Она предусматривается на электродвигателях соответствующей мощности, если токи замыкания на землю достигают определенных значений. Реле защиты подключается к однотрансформаторному фильтру тока нулевой последовательности. Если число кабелей, соединяющих распределительное устройство с электродвигателем, больше трех, используются трансформаторы тока нулевой последовательности с подмагничиванием переменным током.

Защиту следует выполнять без выдержки времени, а отстройку от токов переходного процесса обеспечивать выбором коэффициентов отстройки. Ток срабатывания при этом не должен превышать 10 А для электродвигателей мощностью  $P_{\text{д}} < 2000$  кВт и 5 А для электродвигателей мощностью  $P_{\text{д}} > 2000$  кВт. Если эти требования не обеспечиваются, защиту приходится выполнять с выдержкой времени и вводить в ее схему, как отмечалось выше, дополнительное реле тока с первичным током срабатывания 50...100 А для отключения двойных замыканий на землю без выдержки времени. Для выполнения защиты от замыкания на землю электродвигателей мощностью до 2000 кВт, как правило, применяют реле РТ-40/0,2. На электродвигателях большей мощности защиту рекомендуется выполнять с применением полупроводникового реле тока повышенной чувствительности РТЗ-51 или использовать защиту, входящую в состав комплекта ЯРЭ-22015. Она по существу является аналогом защиты с реле РТЗ-515. Можно применить и токовую направленную защиту ЗЗП-15.

*Защита от перегрузки.* В соответствии с ПУЭ защита от перегрузки предусматривается на электродвигателях, подверженных перегрузке по технологическим причинам, а также на электродвигателях с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска длительностью 20 с и более. Перегрузка является симметричным режимом, поэтому защита от нее может быть выполнена одним реле, включенным в любую фазу электродвигателя. Выдержка времени защиты отстраивается от длительности пуска электродвигателя в нормальных режимах и самозапуска после действия УАВР и УАПВ, при этом наиболее удобны характеристики тепловых и индукционных реле. На электродвигателях напряжением выше 1 кВ электротепловая защита применяется относительно редко из-за недостатков, присущих электротепловым реле. Наиболее полно отражают тепловую характеристику электродвигателя микропроцессорные устройства релейной защиты. К сожалению, в эксплуатации таких устройств сравнительно мало. Защита от перегрузки обычно осуществляется индукционными элементами реле РТ-80, электромагнитные элементы которых используются для выполнения токовой отсечки. Таким образом, с помощью комбинированных реле РТ-80 осуществляется двухступенчатая токовая защита. Количество реле и схемы их соединения определяются требованиями, предъявляемыми к защите от коротких замыканий – токовой отсечке. Если при этом защита от перегрузки должна действовать на сигнал, то применяются реле РТ-84 с отдельными контактами индукционного и электромагнитного элементов. Действие защиты на отключение допускается на электродвигателях с тяжелыми условиями пуска или самозапуска, а также в тех случаях, когда отсутствует возможность своевременной разгрузки без остановки электродвигателей или если нет постоянного дежурного персонала.

Защита от перегрузки с одним индукционным реле РТ-80 имеет следующие недостатки: ее защитная характеристика не соответствует тепловой характеристике электродвигателя, она не учитывает его перегрузочные возможности, а использование только одного реле затрудняет выявить опасные перегрузки при неполнофазном режиме электродвигателя. Это тем более относится к защите с независимой выдержкой времени.

Нашей промышленностью выпускается также полупроводниковое аналоговое реле с зависимой характеристикой выдержки времени в составе комплектного устройства ЯРЭ-22015. Микропроцессорная элементная база позволила выполнить защиту от перегрузки более полно приспособленную к условиям работы электродвигателя.

*Минимальная защита напряжения.* В общем случае защита выполняется двухступенчатой. Первая ступень предназначена для облегчения самозапуска ответственных электродвигателей, она отключает электродвигатели неответственных механизмов. Напряжение срабатывания первой ступени устанавливается примерно равным  $U_{с.з.}^I = 0,7U_{ном}$ , а выдержка времени принимается на ступень селективности больше времени действия быстродействующих защит от многофазных коротких замыканий;  $t_{с.з.}^I = 0,5 \dots 1,5$  с. Вторая ступень защиты отключает часть электродвигателей ответственных механизмов, самозапуск которых недопустим по условиям техники безопасности или из-за особенностей технологического процесса. Напряжение срабатывания второй ступени не превышает  $U_{с.з.}^{II} = 0,5U_{ном}$ , а выдержка времени принимается  $t_{с.з.}^{II} = 10 \dots 15$  с. Схемы минимальной защиты напряжения выполняются таким образом, чтобы исключить ее ложное действие при нарушениях во вторичных цепях трансформаторов напряжения.

Одним из перспективных решений защиты высоковольтных электродвигателей является минимальная защита, приведенная в [3]. Указанное устройство относится к релейной защите, а более точно к устройствам, реагирующим на понижение напряжения, и может быть использовано для защиты высоковольтных электродвигателей.

Целью применения данного устройства является повышение надежности минимальной защиты электродвигателя по напряжению путем обеспечения контроля частоты вращения.

На рисунке 2 изображена функциональная схема устройства; на рисунке 3 – диаграмма частоты вращения при выбеге электродвигателя в функции времени.

Устройство содержит датчик напряжения 1 (рис. 1), соединенный входом с питающей сетью электродвигателя, датчик 2 частоты вращения, соединенный с ротором электродвигателя, исполнительный орган 3, блок 4 выдержки времени. Выход датчика напряжения 1 соединен с управляющим входом исполнительного органа 3, а выход датчика 2 частоты – с основным входом исполнительного органа 4.

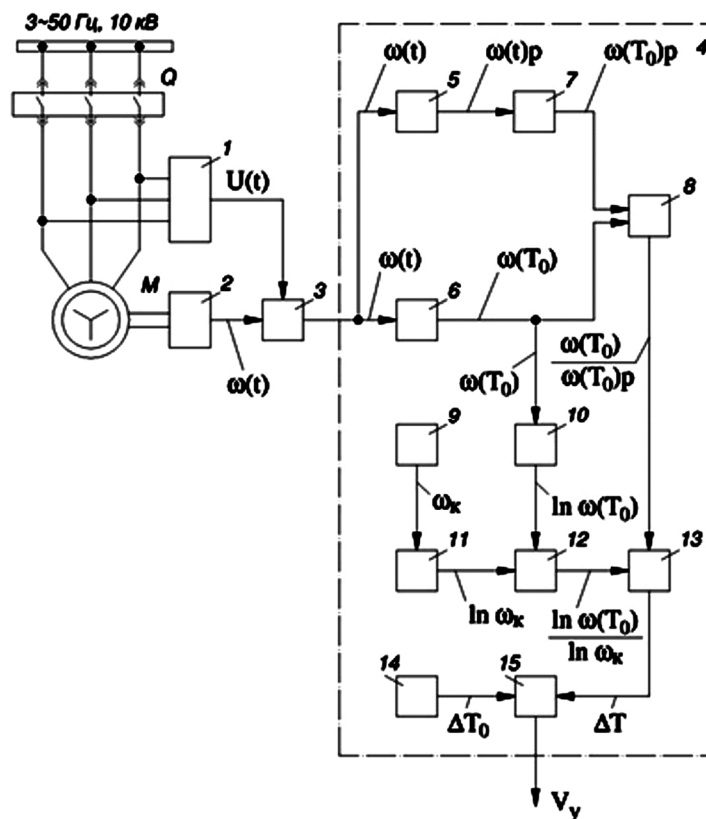


Рисунок 2 – Структурная схема минимальной защиты высоковольтного синхронного электродвигателя

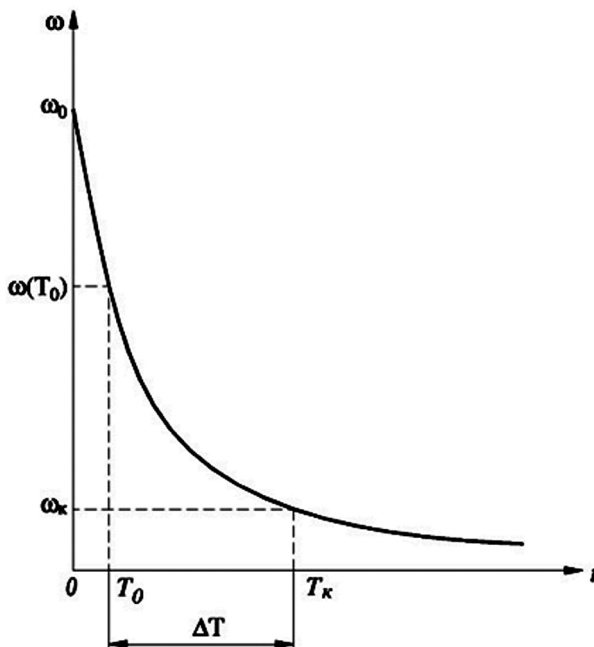


Рисунок 3 – Диаграмма частоты вращения при выбеге электродвигателя в функции времени

Блок 4 выдержки времени включает дифференцирующий блок 5, первый 6 и второй 7 стробирующие блоки, блок 8 деления, блок 9 задания критической частоты вращения, первый 10 и второй 11 логарифмические преобразователи, суммирующий блок 12, блок 13 умножения, блок 14 задания выдержки времени, логический блок 15 сравнения. При этом входы дифференцирующего блока 5 и второго логарифмического преобразователя 7 объединены и образуют вход блока 4 выдержки времени, соеди-

ненного с выходом исполнительного органа 3, выход дифференцирующего блока 5 через первый стробирующий блок 6 связан с первым входом блока 8 деления, а выход второго стробирующего блока 7 – со вторым входом блока 8 деления. Выход последнего связан с первым входом блока 13 умножения, второй вход которого связан с выходом суммирующего блока 12, а выход связан с первым входом логического блока 15 сравнения. При этом входы дифференцирующего блока 5 и второго логарифмического преобразователя 7 объединены и образуют вход блока 4 выдержки времени.

Первый вход суммирующего блока 12 через первый логарифмический преобразователь 10 связан с выходом второго стробирующего блока 7, а второй вход через второй логарифмический преобразователь 11 – с выходом блока 9 задания критической частоты вращения. Вход второго логического блока 15 сравнения связан с выходом блока 14 задания выдержки времени, а выход одновременно является выходом блока 4 выдержки времени и устройства в целом.

Функциональные блоки устройства реализуются на основе существующей элементной базы, Датчик напряжения может быть выполнен при помощи трансформатора напряжения, а датчик частоты вращения – при помощи тахогенератора.

Блоки деления и умножения выполняются на базе аналоговых перемножителей. Логический блок сравнения реализуется на основе компаратора. Блоки стробирования могут быть выполнены как электронные ключи. Дифференцирующий блок содержит усилитель постоянного тока, в цепь обратной связи которого включено активное сопротивление, а на выход включен конденсатор. Основным элементом исполнительного органа является минимальное реле напряжения.

**Устройство работает следующим образом.** Сигнал  $U(t)$  непрерывно снимается с выхода датчика 1 и блокирует исполнительный орган 3. При снижении или исчезновении напряжения исполнительный орган 3 срабатывает и сигнал  $\omega(t)$  с выхода датчика 2 частоты вращения через исполнительный орган 3 поступает на вход блока 4 выдержки времени. На выходе блока 4 выдержки времени сигнал разветвляется, в первой ветви он дифференцируется в блоке 5, затем с выхода блока 5 сигнал  $\omega(t)p$  ( $p$  – дифференциальный оператор) поступает на вход блока 6, где стробируется в начальный момент времени  $T_0$  процесса выбега электродвигателя, в результате на первый вход блока 8 деления поступает сигнал  $\omega(T_0)p$ . Во второй ветви сигнал  $\omega(t)$  стробируется в этот же момент времени в блоке 7, после чего сигнал  $\omega(T_0)$  поступает на второй вход блока 8. На выходе блока 8 появляется сигнал  $\omega(T_0) / \omega(T_0)p$ . Кроме того, сигнал  $\omega(T_0)$  с выхода блока 7 поступает на вход первого логарифмического преобразователя 10, с выхода которого сигнала  $\ln\omega(T_0)$  поступает на вход суммирующего блока 12.

В блоке 9 задается сигнал критической частоты вращения  $\omega_k$ , который поступает на второй логарифмический преобразователь 11, с выхода последнего сигнал  $\ln\omega_k$  поступает на второй вход суммирующего блока 12, где он вычитается из сигнала  $\ln\omega(T_0)$ .

Результирующий сигнал  $\ln \frac{\omega(T_0)}{\omega_k}$  поступает на вход блока 13 умножения, где он умножается на сигнал  $\omega(T_0) / \omega(T_0)p$  с выхода блока 8. Получающийся на выходе блока 13 сигнал  $\Delta T$ , имеющий физический смысл интервала времени от момента стробирования до достижения электродвигателем критической частоты вращения, поступает на вход логического блока 16 сравнения, где он сравнивается по величине с сигналом  $\Delta T_0$ , имеющим физический смысл интервала времени выдержки защиты. Сигнал  $\Delta T_0$  поступает от блока 14 задания выдержки времени, при этом величина сигнала  $T_0$  устанавливается в соответствии с уставкой выдержки времени защиты двигателя. Если  $\Delta T < \Delta T_0$  на выходе блока 15 появляется сигнал на немедленное отключение электродвигателя  $V_y$ , при  $\Delta T > \Delta T_0$  сигнал  $V_y$  отсутствует, а отключение электродвигателя происходит при поступлении сигнала от защиты двигателя. Таким образом, осуществляется минимальная защита электродвигателя с учетом частоты вращения.

Процесс работы устройства математически описывается следующим образом. Пусть диаграмма частоты вращения имеет вид экспоненциальной кривой (рис. 3), Для такой кривой справедлива зависимость.

$$\omega(t) = \omega_0 e^{-\alpha t}, \quad (4)$$

где  $\omega(t)$  – частота вращения электродвигателя в функции времени;  $\omega_0$  – частота вращения электродвигателя перед выбегом;  $\alpha = T_M^{-1}$  – коэффициент;  $T_M$  – электромеханическая постоянная времени привода;  $t$  – время.

Продифференцируя выражение (4) во времени, имеют

$$\omega(t)p = -\alpha\omega_0 e^{-\alpha t}. \quad (5)$$

Деля выражение (5) на выражение (4), получают

$$\frac{\omega(t)p}{\omega(t)} = -\alpha. \quad (6)$$

Прологарифмировав выражение (4) для моментов времени  $T_0$  и  $T_k$ , имеют

$$\ln\omega(T_0) = \ln\omega_0 e^{-\alpha T_0}, \quad (7)$$

$$\ln\omega_k = \ln\omega_0 e^{-\alpha T_k}. \quad (8)$$

Вычитая выражение (7) из выражения (8), получаем

$$\begin{aligned} \ln\omega_k - \ln\omega(T_0) &= \ln\frac{\omega_k}{\omega(T_0)} = \ln\omega_0 e^{-\alpha T_k} - \ln\omega_0 e^{-\alpha T_0} = \\ &= \ln\omega_0 + \ln e^{-\alpha T_k} - \ln\omega_0 - \ln e^{-\alpha T_0} = -\alpha T_k + \alpha T_0 = -\alpha(T_k - T_0), \end{aligned}$$

отсюда

$$\ln\frac{\omega_k}{\omega(T_0)} = -\alpha(T_k - T_0) = -\alpha\Delta T \quad (9)$$

или

$$\Delta T = -\frac{1}{\alpha} \ln\frac{\omega_k}{\omega(T_0)}. \quad (10)$$

Подставив выражение (3) а выражение (7), получают

$$\Delta T = \frac{\omega(T_0)}{\omega(T_0)p} \ln\frac{\omega_k}{\omega(T_0)}, \quad (11)$$

где  $\Delta T$  – интервал времени от момента стробирования в начале выбега  $T_0$  до момента времени  $T_k$ , соответствующего критической частоте вращения электродвигателя.

При  $\Delta T \leq \Delta T_0$  допустимая выдержка времени меньше заданной, поэтому должно произойти немедленное отключение. При  $\Delta T > \Delta T_0$  допустимая выдержка времени больше заданной, поэтому электродвигатель отключается защитой с выдержкой времени.

Преимущество предлагаемого устройства заключается в более надежной защите синхронных электродвигателей. Кроме того, улучшается режим работы технологического оборудования, приводимого электродвигателем.

### Литература

1. Корогодский В.И., Кужеков С.Л., Паперно Л.Б. Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.
2. Фигурнов Е.П. Релейная защита. Учебник для вузов ж.-д. трансп. – М. : Желдориздат, 2002. – 720 с.
3. А.С. 1728918 СССР Н 02 Н 3/24, 7/08, 7/093. Устройство для минимальной защиты электродвигателя / Б.А. Коробейников, А.И. Ищенко и Е.А. Беседин. – № 4727393/07. – Заявл. 07.08.89. Опул. 23.04.92. Бул. № 15.

### References

1. Korogodsky V.I., Kuzhekov S.L., Paperno L.B. Relay protection of electric motors with a voltage higher than 1 kV. – M. : Energoatomiz-DAT, 1987. – 248 p.
2. Figurnov E.P. Relay protection. Textbook for universities W.– Di. transposition. – M. : Jeldorado, 2002. – 720 p.
3. A.S. 1728918 USSR H 02 H 3/24, 7/08, 7/093. Device for minimal protection of an electric motor / B. A. Korobeynikov, A. I. Ishchenko and E. A. Besedin. – № 4727393/07. – Declared. 07.08.89. Publ. 23.04.92. Bull. № 15.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ



### MODERN METHODS OF STRENGTHENING THE MASONRY OF EXISTING BUILDINGS

**Виноградова Кристина Евгеньевна**

студентка

Кубанский государственный технологический университет

vinkrist@yandex.ru

**VinogradovaKristinaEvgenевна**

Student,

Kuban State University of Technology

vinkrist@yandex.ru

**Аннотация.** Здания с применением каменных конструкций существуют до сих пор. Такие здания уязвимы к сильным внешним нагрузкам, вызванным землетрясением, сильным ветром, взрывом и т.д. В данной статье рассматриваются методы усиления и реконструкции каменной кладки существующих зданий. Фундаментальная концепция подходов к усилению заключается в том, чтобы уменьшить влияние внешней нагрузки, повысить несущую способность отдельного элемента и улучшить целостность каменной конструкции в целом. Представлено сравнение преимуществ и недостатков каждого метода для выявления наиболее подходящей технологии в различных случаях.

**Annotation.** In this paper, the methods of strengthening and reconstructing the masonry of existing buildings are reviewed. A comparison of the advantages and disadvantages of each method is presented to identify the most appropriate technology in different cases.

**Ключевые слова:** каменная кладка, усиление, реконструкция, торкретирование, стеклопластик.

**Keywords:** masonry, reinforcement, reconstruction, shotcrete, fiberglass.

**К**аменная кладка – это материал, изготовленный из кирпичных блоков и строительного раствора, который используется на протяжении веков. Она часто встречается в существующих зданиях, представляющих собой эстетическую, социальную, археологическую, культурную, экономическую и технологическую ценность и являющихся культурным наследием. Строительные технологии и исходный материал в такой кладке чрезвычайно уязвимы и подвергаются опасности в процессе эксплуатации. Поэтому работы по реконструкции и усилению таких зданий и сооружений призваны помочь им выжить в условиях экстремальных нагрузок.

Для кладочных конструкций или кладочных несущих стен, включая вертикальные и горизонтальные элементы кладки, повышение прочности элемента может улучшить сопротивление нагрузкам всей конструкции, тем самым улучшая способность кладочной конструкции или элемента кладки противостоять неожиданным внешним нагрузкам. Эта концепция наиболее часто применяется при реконструкции кладочных конструкций [1].

Одним из методов усиления каменной кладки является *поверхностная обработка*, представляющая собой прикрепление упрочняющих материалов к исходной конструкции и связывание их между собой с помощью строительного раствора или стальных звеньев. Наиболее часто используемым подходом при обработке поверхности является торкрет-бетон.

Торкретирование наносится путем распыления бетона на проволочную сетку, установленную на поверхности каменной кладки стены (рис. 1). Перед нанесением торкрет-бетона сначала следует провести удаление кусков кирпичей и заполнение пустот. Арматурные сетки устанавливаются с зазором 30–40 мм от поверхности стены и крепятся к ней анкерами или «заершенными» штырями, забиваемыми в стену. Толщина наложения бетона колеблется от 60 мм до 100 мм. Из опыта проектирования известно, что данный метод позволяет повысить несущую способность конструкций в 1,5–2,5 раза [2]. Кроме того, важную роль играет шероховатость поверхности кладки. Эффективность торкретирования будет улучшена, если поверхность основания будет шероховатой после удаления поврежденных участков.



Рисунок 1 – Обработка поверхности кирпичной кладки торкрет-бетоном

В целом, метод поверхностной обработки позволяет значительно повысить прочность и жесткость кладочной конструкции. Кроме того, при этом увеличивается отношение высоты стенки к общей высоте, соответственно увеличивается поперечное сопротивление в плоскости, внеплоскостная устойчивость и сопротивление изгибу. Очевидно, что этот прием подходит для вертикальных элементов кладки и будет вреден, если будет реализован на горизонтальных элементах, таких как арки. Тем не менее недостатками этого метода являются большие затраты времени на нанесение торкрет-бетона и разрушение аутентичности здания [3]. Поэтому эта техника не подходит для реконструкции каменной кладки.

Еще одним методом усиления кладки является *обработка швов* строительным раствором. Иногда кирпичные блоки в зданиях все еще хорошего качества, но раствор плохой или он заполняет швы не полностью. Поэтому раствор может быть заменен или заполнен новым связующим материалом с более высокой прочностью.

Инъектирование кирпичной кладки осуществляется заполнением пустот и трещин. Этот метод эффективен при восстановлении первоначальной жесткости и прочности каменной кладки, но не приводит к значительному улучшению исходной жесткости или прочности, даже при применении более прочного материала. Однако эффективность этой методики может быть повышена, если использовать ее в сочетании с другими методиками, например с системами FRP (стекловолокно). Обязательным условием является хорошая совместимость каменной кладки и нового раствора с точки зрения физико-химических и механических характеристик.

Этот метод подходит для большинства каменных зданий, являющихся частью культурного наследия, поскольку подлинность кладки может быть проверена после реконструкции. Другой идеальной областью применения является многослойная кладка стен, где связь между различными слоями плохая, а также присутствуют пустоты во внутреннем ядре бутового камня. Этот метод становится популярным и практичным из-за его минимальной стоимости и простоты реализации, а главное, его устойчивости [4].

Следующий метод – применение *внешней стальной обоймы*.

Суть этого метода заключается в установке стальных элементов рядом с оригинальным элементом кладки, которые могут быть связаны друг с другом или нет. Обойма препятствует расширению кладки, что увеличивает ее несущую способность в 2–2,5 раза.

При появлении трещин в результате превышения внешней нагрузки несущей способности кладки новая стальная система, имеющая значительно большую жесткость, остановит распространение трещин. В таком случае внешнюю нагрузку будет нести более прочная стальная обойма, в то время как первоначальная кладочная система может работать как структурный элемент вместо того, чтобы нести нагрузки [5].

Этот метод очень эффективен при повышении сопротивления нагрузке конструкций, так как сталь является прочным модифицирующим материалом. Поэтому этот подход применим для слабых каменных конструкций или конструкций, которые нуждаются в значительном улучшении. Однако, поскольку внешний вид стали изменит эстетику оригинальной каменной конструкции, этот метод не является подходящим для реконструкции памятников архитектуры. Кроме того, еще одной проблемой, связанной с его внедрением, является высокая стоимость.



Некоторые из недостатков вышеприведенных подходов, например, увеличение массы и объема конструкции, можно преодолеть с помощью применения *композитных стекловолоконных полимерных систем (FRP)* (рис. 2). Композит FRP впервые был использован для усиления существующих бетонных конструкций. Позже применение FRP было расширено на другие (каменные, деревянные) конструкции [6].



Рисунок 2 – Усиление кирпичной кладки композитным стекловолокном

Армирование каменной кладки с использованием стеклопластика обладает такими достоинствами, как небольшая добавленная масса и относительно высокое повышение прочности. Тем не менее, недостатки этой техники заключаются в том, что она дорогостоящая, требует высокого технического мастерства и меняет внешний вид конструкции. Первоначальная стоимость материала FRP примерно в 5–10 раз дороже стали, что является большой проблемой при выборе подходов к реконструкции. Кроме того, свойства и характеристики, особенно в долгосрочной перспективе, материалов FRP не были до конца изучены. FRP обычно наносится путем внешнего прикрепления полос или листов к поверхности кладочной стены, создавая водонепроницаемый барьер и предотвращая естественное испарение каменной конструкции. Этот тип усиления конструкций будет слабым при применении связующего материала на основе эпоксидной смолы [7].

Более дешевой альтернативой FRP смогут служить полипропиленовая (PP) лента и бамбуковые сетки. PP-лента – универсальный дешевый упаковочный материал, обладающий эластичностью. Армирование кирпичной кладки PP-лентой обеспечивает более высокую остаточную прочность после появления трещин. Этот материал подходит для малопрочных кладочных конструкций. При применении на высокопрочной кладке эффективность будет гораздо менее значительной. Преимущества полипропиленовых и бамбуковых сеток заключаются в их низкой стоимости и легкодоступности.

*Система reticulatus* (лат. сетчатый) была недавно предложена для реконструкции каменной кладки из бутового камня [8]. Этот метод осуществляется путем введения непрерывной сетки из высокопрочной арматуры в растворные швы, которые отслаиваются примерно на 40–60 мм. Затем арматурную сетку крепят к кладочной панели поперечными металлическими прутьями с числом 5–6 на квадратный метр. После этого арматура и анкерные стержни в стыках повторно покрывают направленным раствором. Размер арматурной сетки обычно применяется в пределах 300–500 мм, и должен быть меньше толщины стены [9]. Подробная конфигурация типичной системы *reticulatus* представлена на рисунке 3.

Поскольку эта армирующая система может сохранить первоначальную эстетику здания, она подходит для укрепления лицевой кладки. Кроме того, эта техника подходит для кладки как правильной, так и неправильной формы. Как и в случае с FRP, система *reticulatus* не несет большой дополнительной нагрузки. До сих пор эта техника применяется только на каменной, щебеночной, галечной кладке, применение данной техники для кирпичной кладки изучается.





Рисунок 3 – Система Reticulatus

**Заключение.** В данной статье были рассмотрены существующие методы усиления каменной кладки. Результаты показывают, что эффективность подходов усиления различна. У каждого метода есть свои достоинства и недостатки и невозможно определить наилучший подход к реконструкции. Эффективность каждого метода усиления зависит от материала, из которого было построено первоначальное здание, а также от материала, использованного для усиления. Поэтому выбор подхода должен осуществляться для каждого конкретного случая на основе наиболее значимых факторов.

### Литература

1. Хуажев С.Р., Леонова А.Н. Современные способы усиления каменных конструкций // В сборнике: Современные научно-практические решения XXI века. Материалы международной научно-практической конференции / Общая редакция: В.И. Оробинский, В.Г. Козлов. – 2016. – С. 24–26.
2. Федоров В.В., Федорова Н.Н., Сухарев Ю.В. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки : учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 224 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-16-015155-7. – Текст : электронный. – URL : <https://znanium.com/catalog/product/1091684> (дата обращения: 09.06.2021).
3. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Проектирование, строительство и эксплуатация зданий в сейсмических районах : учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 226 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/1000210. – ISBN 978-5-16-014705-5. – Текст : электронный. – URL : <https://znanium.com/catalog/product/1000210> (дата обращения: 10.06.2021).
4. Лукинский О.А. Герметизация, гидроизоляция и теплоизоляция в строительстве, ремонте и реставрации зданий и сооружений : учеб. пособие. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 662 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – [www.dx.doi.org/10.12737/24453](http://www.dx.doi.org/10.12737/24453). – ISBN 978-5-16-012355-4. – Текст : электронный. – URL : <https://znanium.com/catalog/product/1000216> (дата обращения: 10.06.2021).
5. Заика А.Е., Леонова А.Н. Усиление кирпичной кладки стальной и железобетонной обоями // В сборнике: Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах в 3-х частях. – Краснодар, 2016. – С. 24–27.
6. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
7. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
8. Shear behavior of unreinforced and reinforced masonry panels subjected to in situ diagonal compression tests / A. Borri [et al.] // *Constr.Build.Mater.* – Vol. 25. – P. 4403–4414. – URL : <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.01.009>
9. The Reticulatus method for shear strengthening of fair-faced masonry / M. Corradi [et al.] // *Bull. Earthquake Eng.* – Vol. 14. – P. 3547–3571. – URL : <http://dx.doi.org/10.1007/s10518-016-0006-5>

## References

1. Khuazhev S.R., Leonova A.N. Modern methods of strengthening stone structures // In the collection: Modern scientific and practical solutions of the XXI century. Materials of the international scientific-practical conference / Editorial board: V.I. Orobinsky, V.G. Kozlov. – 2016. – P. 24–26.
2. Fedorov V.V., Fedorova N.N., Sukharev Yu.V. Reconstruction of buildings, structures and urban development: a training manual. – M. : INFRA-M, 2020. – 224 p. – (Secondary Vocational Education). – 978-5-16-015155-7. – Text : electronic. – URL : <https://znanium.com/catalog/product/1091684> (date of reference: 09.06.2021).
3. Alexeenko V.N., Zhilenko O.B. Design, construction and operation of buildings in seismic areas: a training manual. – M.: INFRA-IM, 2021. – 226 p. – (Higher education: Bachelor's Degree). – DOI: 10.12737/1000210. – ISBN 978-5-16-014705-5. – URL : <https://znanium.com/catalog/product/1000210> (date of reference: 10.06.2021).
4. Lukinsky O.A. Sealing, waterproofing and thermal insulation in the construction, repair and restoration of buildings and structures : textbook. – M. : INFRA-M, 2019. – 662 p. - (Higher education: Bachelor's degree). – [www.dx.doi.org/10.12737/24453](http://www.dx.doi.org/10.12737/24453). – ISBN 978-5-16-012355-4. – Text : electronic. – URL : <https://znanium.com/catalog/product/1000216> (date of reference: 10.06.2021).
5. Zaika A.E., Leonova A.N. Strengthening of brickwork with steel and reinforced concrete cladding // In the collection: Collection of the best scientific papers of young scientists of Kuban State Technological University, awarded at competitions in 3 parts. – Krasnodar, 2016. – P. 24–27.
6. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of strengthening of building structures by composite polymeric materials in conditions of high and low temperatures // Perspectives of Science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
7. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern ways of strengthening of building constructions by carbon composite materials // In the collection: Actual questions of urban construction, architecture and design in the resort regions. Materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
8. Shear behavior of unreinforced and reinforced masonry panels subjected to in situ diagonal compression tests / A. Borri [et al.] // *Constr.Build.Mater.*– Vol. 25. – P. 4403–4414. – URL : <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.01.009>
9. The Reticulatus method for shear strengthening of fair-faced masonry / M. Corradi [et al.] // *Bull. Earthquake Eng.* – Vol. 14. – P. 3547–3571. – URL : <http://dx.doi.org/10.1007/s10518-016-0006-5>

УДК 62

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КООРДИНАТ  
ПРЕЦИЗИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОТ ВРЕМЕНИ  
ПРИ ОБОБЩЕНИИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ  
ДИАГРАММЫ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ**



**ANALYTICAL DEPENDENCES OF THE MONITORED COORDINATES  
OF A PRECISION ELECTRIC DRIVE ON TIME  
IN WORKING OUT THE OPTIMUM PERFORMANCE  
CONSTRAINED DIAGRAM**

**Добробаба Юрий Петрович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроснабжения  
промышленных предприятий,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Кушнаренко Андрей Петрович**

аспирант,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
energodraiv@yandex.ru

**Аннотация.** Определены аналитические зависимости контролируемых координат прецизионного электропривода от времени при обработке оптимальной по быстродействию диаграммы с ограничениями максимального значения тока, второй и третьей производных скорости, на каждом из двенадцати этапов перемещения его исполнительного органа.

**Ключевые слова:** аналитические зависимости, контролируемые координаты, перемещения исполнительного органа электропривода, оптимальная по быстродействию диаграмма.

**Dobrobaba Yury Petrovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of Department  
of Power Supply Industrial Enterprises,  
Kuban State Technological University

**Kushnarenko Andrei Petrovich**

Graduate Student,  
Kuban State Technological University  
energodraiv@yandex.ru

**Annotation.** The analytical dependences of the controlled coordinates of the precision electric drive on time during the development of the speed-optimal diagram with limitations of the maximum current value, the second and third derivatives of the speed, in each of the twelve stages of movement of its actuator are determined.

**Keywords:** analytical dependences, monitored coordinates, actuator displacements, optimal diagram in terms of speed.

**В** статье «Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода с ограничениями максимального значения тока, второй и третьей производных скорости» разработана оптимальная по быстродействию диаграмма, состоящая из двенадцати этапов, и представлены механические координаты электропривода при обработке этой диаграммы.

В данной работе определим аналитические зависимости координат прецизионного электропривода от времени при обработке оптимальной по быстродействию диаграммы с ограничениями максимального значения тока, второй и третьей производных скорости. При этом обозначения физических величин соответствуют обозначениям, представленным в предыдущей статье.

**Этап 1.** В интервале времени  $0 \leq t \leq t_1$ :

$$\omega^{(3)}(t) = \omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot t;$$

$$\omega^{(1)}(t) = \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t^2;$$

$$\omega(t) = \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t^3;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{24} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^4;$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_{\text{М}}} \cdot \left[ M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^2 \right];$$

$$I_{\text{Я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t;$$

$$U(t) = \frac{1}{6} C_{\text{e}} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^3 + \frac{R_{\text{Я}}}{C_{\text{М}}} \cdot \left[ M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^2 \right] + \frac{L_{\text{Я}} J}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t.$$

При  $t = t_1$

$$\omega_1^{(3)} = \omega_{\text{max}}^{(3)};$$

$$\omega_1^{(2)} = \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_1^{(1)} = \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2;$$

$$\omega_1 = \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3;$$

$$\varphi_1 = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{24} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^4;$$

$$I_{\text{Я1}} = \frac{1}{C_{\text{М}}} \cdot \left[ M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \right];$$

$$I_{\text{Я1}}^{(1)} = \frac{J}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U_1 = \frac{1}{6} C_{\text{e}} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{R_{\text{Я}}}{C_{\text{М}}} \cdot \left[ M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \right] + \frac{L_{\text{Я}} J}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1.$$

**Этап 2.** В интервале времени  $t_1 \leq t \leq (t_1 + t_2)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = 0;$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega^{(1)}(t) = \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1);$$

$$\omega(t) = \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1)^2;$$

$$\begin{aligned} \varphi(t) = & \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{24} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^4 + \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3 \cdot (t - t_1) + \\ & + \frac{1}{4} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - t_1)^2 + \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1)^3; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_{\text{М}}} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) \right] \right\};$$

$$I_{Я}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot t^3 \left[ \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - t_1)^2 \right] + \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot \left\{ M_{CO} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) \right] \right\} + \frac{L_{Я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1.$$

При  $t = (t_1 + t_2)$

$$\omega_2^{(3)} = 0;$$

$$\omega_2^{(2)} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_2^{(1)} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right);$$

$$\omega_2 = \omega_{\max}^{(3)} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right);$$

$$\Phi_2 = \Phi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{24} t_1^4 + \frac{1}{6} t_1^3 t_2 + \frac{1}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 \right);$$

$$I_{Я2} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{CO} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \right];$$

$$I_{Я2}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U_2 = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right] + \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot \left[ M_{CO} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \right] + \frac{L_{Я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1.$$

**Этап 3.** В интервале времени  $(t_1 + t_2) \leq t \leq (2t_1 + t_2)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 - \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - t_1 - t_2);$$

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - t_1 - t_2)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \cdot (t - t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1 - t_2)^2;$$

$$\begin{aligned} \varphi(t) = & \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{24} t_1^4 + \frac{1}{6} t_1^3 t_2 + \frac{1}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) \cdot \\ & \cdot (t - t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \cdot (t - t_1 - t_2)^2 + \\ & + \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1 - t_2)^3 - \frac{1}{24} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - t_1 - t_2)^4; \end{aligned}$$

$$I_{Я}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) + t_1 \cdot (t - t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1 - t_2)^2 \right] \right\};$$

$$I_{Я}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [t_1 - (t - t_1 - t_2)];$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) + \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \cdot (t - t_1 - t_2) + \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - t_1 - t_2)^2 - \right. \\ \left. - \frac{1}{6} t_1 \cdot (t - t_1 - t_2)^3 \right] + \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot \left\{ M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) + t_1 \cdot (t - t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1 - t_2)^2 \right] \right\} + \\ + \frac{L_{Я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [t_1 - (t - t_1 - t_2)]$$

При  $t = (2t_1 + t_2)$

$$\omega_3^{(3)} = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega_3^{(2)} = 0;$$

$$\omega_3^{(1)} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2);$$

$$\omega_3 = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right);$$

$$\Phi_3 = \Phi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{7}{12} t_1^4 + \frac{7}{6} t_1^3 t_2 + \frac{3}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 \right);$$

$$I_{Я3} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2)];$$

$$I_{Я3}^{(1)} = 0;$$

$$U_3 = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) + \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot [M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2)].$$

**Этап 4.** В интервале времени  $(2t_1 + t_2) \leq t \leq (2t_1 + t_2 + t_3)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = 0;$$

$$\omega^{(2)}(t) = 0;$$

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2);$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2);$$

$$\Phi(t) = \Phi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{7}{12} t_1^4 + \frac{7}{6} t_1^3 t_2 + \frac{3}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 \right) + \\ + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) \cdot (t - 2t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2;$$

$$I_{Я}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2)];$$

$$I_{Я}^{(1)}(t) = 0;$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) + (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2) \right] + \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot [M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2)]$$

При  $t = (2t_1 + t_2 + t_3)$

$$\omega_4^{(3)} = 0;$$

$$\omega_4^{(2)} = 0;$$

$$\omega_4^{(1)} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2);$$

$$\omega_4 = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right);$$

$$\varphi_4 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{7}{12} t_1^4 + \frac{7}{6} t_1^3 t_2 + \frac{3}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 + t_1^3 t_3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right);$$

$$I_{Я4} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2)];$$

$$I_{Я4}^{(1)} = 0;$$

$$U_4 = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot [M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2)].$$

**Этап 5.** В интервале времени  $(2t_1 + t_2 + t_3) \leq t \leq (3t_1 + t_2 + t_3)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3);$$

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^3;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{7}{12} t_1^4 + \frac{7}{6} t_1^3 t_2 + \frac{3}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 + t_1^3 t_3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{24} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^4;$$

$$I_{Я}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ (t_1^2 + t_1 t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] \right\};$$

$$I_{Я}^{(1)}(t) = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3);$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{6} t_1 \cdot (t - t_1 - t_2)^3 \right] + \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot \left\{ M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ (t_1^2 + t_1 t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] \right\} - \frac{L_{Я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3).$$

При  $t = (3t_1 + t_2 + t_3)$

$$\omega_5^{(3)} = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega_5^{(2)} = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_5^{(1)} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right);$$

$$\omega_5 = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right);$$

$$\varphi_5 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{49}{24} t_1^4 + \frac{19}{6} t_1^3 t_2 + \frac{5}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 + 2t_1^3 t_3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right);$$

$$I_{Я5} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \right];$$

$$I_{Я5}^{(1)} = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U_5 = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) +$$

$$+ \frac{R_{Я}}{C_M} \cdot \left[ M_{CO} + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \right] - \frac{L_{Я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1.$$

**Этап 6.** В интервале времени  $(3t_1 + t_2 + t_3) \leq t \leq (3t_1 + 2t_2 + t_3)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = 0; \quad \omega^{(2)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) - \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3);$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3)^2;$$



$$\begin{aligned} \varphi(t) = & \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{49}{24} t_1^4 + \frac{19}{6} t_1^3 t_2 + \frac{5}{4} t_1^2 t_2^2 + \frac{1}{6} t_1 t_2^3 + 2t_1^3 t_3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \right. \\ & \left. + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) + \\ & + \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3)^3; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) \right] \right\};$$

$$I_{\text{Я}}^{(1)}(t) = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\begin{aligned} U(t) = & C_e \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} t_1 \cdot \right. \\ & \left. \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) \right] \right\} - \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1. \end{aligned}$$

При  $t = (3t_1 + 2t_2 + t_3)$

$$\omega_6^{(3)} = 0;$$

$$\omega_6^{(2)} = -\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_6^{(1)} = \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2;$$

$$\omega_6 = \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right);$$

$$\varphi_6 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{49}{24} t_1^4 + 5t_1^3 t_2 + 4t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 2t_1^3 t_3 + \frac{7}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right);$$

$$I_{\text{Я}6} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \right];$$

$$I_{\text{Я}6}^{(1)} = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U_6 = C_e \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \right] - \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1.$$

**Этап 7.** В интервале времени  $(3t_1 + 2t_2 + t_3) \leq t \leq (4t_1 + 2t_2 + t_3)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = \omega_{\text{max}}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = -\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3);$$

$$\omega^{(1)}(t) = \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 - \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2;$$

$$\begin{aligned} \omega(t) &= \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) - \\ &\quad - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^3; \\ \varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{49}{24} t_1^4 + 5t_1^3 t_2 + 4t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 2t_1^3 t_3 + \frac{7}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) + \\ &\quad + \frac{1}{4} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot \\ &\quad \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{24} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^4; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \frac{1}{2} t_1^2 - t_1 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{1}{2} \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] \right\}; \\ I_{\text{Я}}^{(1)}(t) &= \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [-t_1 + (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)]; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U(t) &= C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{6} \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^3 \right] + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \\ &\quad \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \frac{1}{2} t_1^2 - t_1 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{1}{2} \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] \right\} + \\ &\quad + \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [-t_1 + (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)]; \end{aligned}$$

При  $t = (4t_1 + 2t_2 + t_3)$

$$\omega_7^{(3)} = \omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega_7^{(2)} = 0;$$

$$\omega_7^{(1)} = 0;$$

$$\omega_7 = \omega_{\max}^{(3)} \cdot (2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3);$$

$$\varphi_7 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right);$$

$$I_{\text{Я}7} = \frac{M_{\text{CO}}}{C_M};$$

$$I_{\text{Я}7}^{(1)} = 0;$$

$$U_7 = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot (2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3) + \frac{R_{\text{Я}} M_{\text{CO}}}{C_M}.$$

**Этап 8.** В интервале времени  $(4t_1 + 2t_2 + t_3) \leq t \leq (5t_1 + 2t_2 + t_3)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3);$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot (2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3) - \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3)^3;$$

$$\begin{aligned} \varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot (2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3) \cdot \\ \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{1}{24} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3)^4; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right];$$

$$I_{\text{Я}}^{(1)}(t) = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3);$$

$$\begin{aligned} U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ (2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3) - \frac{1}{6} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3)^3 \right] + \\ + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] - \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - 2t_2 - t_3). \end{aligned}$$

При  $t = (5t_1 + 2t_2 + t_3)$

$$\omega_8^{(3)} = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega_8^{(2)} = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_8^{(1)} = -\frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2;$$

$$\omega_8 = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ (2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3) - \frac{1}{6} t_1^3 \right];$$

$$\begin{aligned} \varphi_8 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + (2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3) \cdot t_1 - \frac{1}{24} t_1^4 \right]; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}8} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \right];$$

$$I_{\text{Я}8}^{(1)} = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U_8 = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \frac{1}{6} t_1^3 \right] + \\ + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \right] - \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1.$$

**Этап 9.** В интервале времени  $(5t_1 + 2t_2 + t_3) \leq t \leq (5t_1 + 2t_2 + t_3 + t_5)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = 0;$$

$$\omega^{(2)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 - \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \frac{1}{6} t_1^3 \right] - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot \\ \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3)^2;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_1 - \frac{1}{24} t_1^4 \right] + \\ + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \frac{1}{6} t_1^3 \right] \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3) - \\ - \frac{1}{4} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \cdot t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3)^3;$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3) \right] \right\};$$

$$I_{\text{Я}}^{(1)}(t) = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \frac{1}{6} t_1^3 \right] - \frac{1}{2} t_1^2 \cdot \right. \\ \left. \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right\} + \\ + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3) \right] \right\} - \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1.$$

При  $t = (5t_1 + 2t_2 + t_3 + t_5)$

$$\omega_9^{(3)} = 0;$$

$$\omega_9^{(2)} = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_9^{(1)} = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right);$$

$$\omega_9 = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right];$$

$$\begin{aligned} \varphi_9 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + \right. \\ \left. + \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_1 + \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_5 - \right. \\ \left. - \left( \frac{1}{24} t_1^4 + \frac{1}{6} t_1^3 t_5 + \frac{1}{4} t_1^2 t_5^2 + \frac{1}{6} t_1 t_5^3 \right) \right]; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я9}} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \right];$$

$$I_{\text{Я9}}^{(1)} = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\begin{aligned} U_9 = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] + \\ + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \right] - \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1. \end{aligned}$$

**Этап 10.** В интервале времени  $(5t_1 + 2t_2 + t_3 + t_5) \leq t \leq (7t_1 + 2t_2 + t_3 + t_5)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = \omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 + \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5);$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) - \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3 - t_5)^2;$$

$$\begin{aligned} \omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] - \omega_{\max}^{(3)} \cdot \\ \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 + \\ + \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ -\left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) - t_1 \cdot \right. \right. \\ \left. \left. \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) + \frac{1}{2} \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 \right] \right\}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3t_2 + 5t_1^2t_2^2 + t_1t_2^3 + 3t_1^3t_3 + \frac{9}{2}t_1^2t_2t_3 + \frac{3}{2}t_1t_2^2t_3 + \frac{1}{2}t_1^2t_3^2 + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{2}t_1t_2t_3^2 \right) + (2t_1^3 + 3t_1^2t_2 + t_1t_2^2 + t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) \cdot t_1 + (2t_1^3 + 3t_1^2t_2 + t_1t_2^2 + t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) \cdot \right. \\ \left. \cdot t_5 - \left( \frac{1}{24}t_1^4 + \frac{1}{6}t_1^3t_5 + \frac{1}{4}t_1^2t_5^2 + \frac{1}{6}t_1t_5^3 \right) \right] + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ (2t_1^3 + 3t_1^2t_2 + t_1t_2^2 + t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) - \right. \\ \left. - \left( \frac{1}{6}t_1^3 + \frac{1}{2}t_1^2t_5 + \frac{1}{2}t_1t_5^2 \right) \right] \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) - \frac{1}{2}\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_5 \right) \cdot (t - 5t_1 - \\ - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 - \frac{1}{6}\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^3 + \frac{1}{24}\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^4; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot [-t_1 + (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)];$$

$$\begin{aligned} U(t) = C_e \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left\{ \left[ (2t_1^3 + 3t_1^2t_2 + t_1t_2^2 + t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) - \left( \frac{1}{6}t_1^3 + \frac{1}{2}t_1^2t_5 + \frac{1}{2}t_1t_5^2 \right) \right] - \left( \frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_5 \right) \cdot \right. \\ \left. \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 - \frac{1}{2}t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 + \frac{1}{6} \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^3 - \right. \\ \left. - \frac{1}{2}t_1^2 - \frac{1}{2}t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 \right\} + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ - \left( \frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_5 \right) - t_1 \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - \right. \right. \\ \left. \left. - t_3 - t_5) + \frac{1}{2} \cdot (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 \right] \right\} - \frac{L_{\text{Я}}J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot [-t_1 + (t - 5t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)]. \end{aligned}$$

При  $t = (6t_1 + 2t_2 + t_3 + t_5)$

$$\omega_*^{(3)} = \omega_{\text{max}}^{(3)};$$

$$\omega_*^{(2)} = 0;$$

$$\omega_*^{(1)} = -\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1t_5);$$

$$\omega_* = \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ (2t_1^3 + 3t_1^2t_2 + t_1t_2^2 + t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) - \left( t_1^3 + \frac{3}{2}t_1^2t_5 + \frac{1}{2}t_1t_5^2 \right) \right];$$

$$\begin{aligned} \varphi_* = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3t_2 + 5t_1^2t_2^2 + t_1t_2^3 + 3t_1^3t_3 + \frac{9}{2}t_1^2t_2t_3 + \frac{3}{2}t_1t_2^2t_3 + \frac{1}{2}t_1^2t_3^2 + \frac{1}{2}t_1t_2t_3^2 \right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot (2t_1^3 + 3t_1^2t_2 + t_1t_2^2 + t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) \cdot t_1 + (2t_1^3 + 3t_1^2t_2 + t_1t_2^2 + t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) \cdot \right. \\ \left. \cdot t_5 - \left( \frac{7}{12}t_1^4 + \frac{7}{6}t_1^3t_5 + \frac{3}{4}t_1^2t_5^2 + \frac{1}{6}t_1t_5^3 \right) \right]; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}*} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} - J\omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1t_5)];$$

$$I_{\text{Я}*}^{(1)} = 0;$$

$$U_* = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] - \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_5) \right]$$

При  $t = (7t_1 + 2t_2 + t_3 + t_5)$

$$\omega_{10}^{(3)} = \omega_{\max}^{(3)} ;$$

$$\omega_{10}^{(2)} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 ; \quad \omega_{10}^{(1)} = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) ;$$

$$\omega_{10} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] ;$$

$$\Phi_{10} = \Phi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + 3 \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_1 + \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_5 - \left( \frac{49}{24} t_1^4 + \frac{19}{6} t_1^3 t_5 + \frac{5}{4} t_1^2 t_5^2 + \frac{1}{6} t_1 t_5^3 \right) \right] ;$$

$$I_{\text{Я}10} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \right] ;$$

$$I_{\text{Я}10}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 ;$$

$$U_{10} = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \right] + \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 .$$

**Этап 11.** В интервале времени  $(7t_1 + 2t_2 + t_3 + t_5) \leq t \leq (7t_1 + 2t_2 + t_3 + 2t_5)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = 0 ;$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 ;$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) ;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] - \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 ;$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ -\left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) + t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) \right] \right\} ;$$

$$\begin{aligned} \varphi(t) = & \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + 3 \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_1 + \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot \right. \\ & \left. t_5 - \left( \frac{49}{24} t_1^4 + \frac{19}{6} t_1^3 t_5 + \frac{5}{4} t_1^2 t_5^2 + \frac{1}{6} t_1 t_5^3 \right) \right] + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \right. \\ & \left. - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) - \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \cdot \\ & \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 + \frac{1}{6} \cdot t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^3; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\begin{aligned} U(t) = & C_e \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left\{ \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_5 + \frac{1}{2} t_1 t_5^2 \right) \right] - \right. \\ & \left. - \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) + \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5)^2 \right\} + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \\ & \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ - \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_5 \right) + t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - t_5) \right] \right\} + \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1. \end{aligned}$$

При  $t = (7t_1 + 2t_2 + t_3 + 2t_5)$

$$\omega_{11}^{(3)} = 0; \quad \omega_{11}^{(2)} = \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_{11}^{(1)} = -\frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2;$$

$$\omega_{11} = \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \right];$$

$$\begin{aligned} \varphi_{11} = & \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + \right. \\ & \left. + 3 \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_1 + 2 \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot \right. \\ & \left. \cdot t_5 - \left( \frac{49}{24} t_1^4 + 5t_1^3 t_5 + 4t_1^2 t_5^2 + t_1 t_5^3 \right) \right]; \end{aligned}$$

$$I_{\text{Я}11} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \right];$$

$$I_{\text{Я}11}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\begin{aligned} U_{11} = & C_e \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \right] + \\ & + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left[ M_{\text{CO}} - \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \right] + \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1. \end{aligned}$$



**Этап 12.** В интервале времени  $(7t_1 + 2t_2 + t_3 + 2t_5) \leq t \leq (8t_1 + 2t_2 + t_3 + 2t_5)$ :

$$\omega^{(3)}(t) = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 - \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5);$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 + \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \right] - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^2 - \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^3;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 4t_1^4 + 8t_1^3 t_2 + 5t_1^2 t_2^2 + t_1 t_2^3 + 3t_1^3 t_3 + \frac{9}{2} t_1^2 t_2 t_3 + \frac{3}{2} t_1 t_2^2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 + \frac{1}{2} t_1 t_2 t_3^2 \right) + 3 \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_1 + 2 \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot t_5 - \left( \frac{49}{24} t_1^4 + 5t_1^3 t_5 + 4t_1^2 t_5^2 + t_1 t_5^3 \right) \right] + \omega_{\max}^{(3)} \cdot$$

$$\left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \right] \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5) - \frac{1}{4} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^2 + \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^3 - \frac{1}{24} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^4;$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ -\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5) - \frac{1}{2} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^2 \right] \right\};$$

$$I_{\text{Я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [t_1 - (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)];$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( \frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \right] - \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5) + \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^2 - \frac{1}{6} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^3 \right\} + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ -\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5) - \frac{1}{2} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)^2 \right] \right\} + \frac{L_{\text{Я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [t_1 - (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3 - 2t_5)]$$

При  $t = (8t_1 + 2t_2 + t_3 + 2t_5)$

$$\omega_{12}^{(3)} = -\omega_{\max}^{(3)};$$

$$\omega_{12}^{(2)} = 0;$$

$$\omega_{12}^{(1)} = 0;$$

$$\omega_{12} = \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \right];$$

$$\varphi_{12} = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) + \right.$$

$$\left. + 2 \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot \left( 2t_1 + t_5 \right) - \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \cdot \left( 2t_1 + t_5 \right) \right];$$

$$I_{я12} = \frac{M_{CO}}{C_M};$$

$$I_{я12}^{(1)} = 0;$$

$$U_{12} = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[ \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) - \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right) \right] + \frac{R_{я} M_{CO}}{C_M}.$$

Так как  $\omega_{12}^{(1)} = 0$ , то

$$\left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) = \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_5 + t_1 t_5^2 \right)$$

При этом

$$\varphi_{12} = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left( 2t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) \cdot \left( 4t_1 + t_2 + \frac{1}{2} t_3 + t_5 \right);$$

$$U_{12} = \frac{R_{я} M_{CO}}{C_M}.$$

**Выводы:** таким образом получены аналитические зависимости электрических координат диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода. Полученные зависимости позволяют перейти к определению энергетических характеристик прецизионного электропривода предлагаемой диаграммы.

УДК 62

**ОПТИМАЛЬНАЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ПРЕЦИЗИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
С ОГРАНИЧЕНИЯМИ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ТОКА,  
ВТОРОЙ И ТРЕТЬЕЙ ПРОИЗВОДНЫХ СКОРОСТИ**



**THE SPEED-OPTIMIZED MOTION DIAGRAM OF A PRECISION  
ELECTRIC ACTUATOR ACTUATOR  
WITH THE LIMITATIONS OF THE MAXIMUM CURRENT VALUE,  
SECOND AND THIRD DERIVATIVES OF VELOCITY**

**Добробаба Юрий Петрович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроснабжения  
промышленных предприятий,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Кушнаренко Андрей Петрович**

аспирант,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
energodraiv@yandex.ru

**Аннотация.** Разработана оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода с ограничениями максимального значения тока, второй и третьей производных скорости, состоящая из двенадцати этапов.

**Ключевые слова:** перемещения исполнительного органа электропривода, оптимальная по быстродействию диаграмма.

**Dobrobaba Yury Petrovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of Department  
of Power Supply Industrial Enterprises,  
Kuban State Technological University

**Kushnarenko Andrei Petrovich**

Graduate Student,  
Kuban State Technological University  
energodraiv@yandex.ru

**Annotation.** A speed-optimal motion diagram of the executive body of the precision electric drive with limitations of the maximum current value, the second and third derivatives of the speed, consisting of twelve stages, has been developed.

**Keywords:** movement of the actuator's executive body, the speed-optimal diagram.

На рисунке 1 представлены механические координаты электропривода при отработке перемещения его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой, имеющей ограничения максимального значения тока, второй и третьей производных скорости. На рисунке приняты следующие обозначения:

$\varphi$  – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\omega$  – угловая скорость исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

$\omega^{(1)}$  – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ;

$\omega^{(2)}$  – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$ ;

$\omega^{(3)}$  – третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$ ;

$t$  – время, с;

$\varphi_{\text{нач}}$  – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\varphi_{\text{кон}}$  – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\omega_{\text{доп}}$  – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

$\omega_{\text{max}}^{(1)}$  – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ;

$\omega_{\text{min}}^{(1)}$  – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ;

$\omega_{\text{доп}}^{(2)}$  – максимальное допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$ ;

$-\omega_{\text{доп}}^{(2)}$  – минимальное допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$ ;

$\omega_{\text{max}}^{(3)}$  – максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$ ;

$-\omega_{\text{max}}^{(3)}$  – максимальное отрицательное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$ ;

$t_1$  – длительность первого этапа, с;

$t_2$  – длительность второго этапа, с;

$t_3$  – длительность третьего этапа, с;

$t_5$  – длительность пятого этапа, с.

Для оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода с ограничениями максимального значения тока, второй и третьей производных скорости справедливы уравнения:

$$C_M I_{\text{доп}} = M_{\text{CO}} + J \omega_{\text{max}}^{(1)};$$

$$\omega_{\text{доп}}^{(2)} = \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$\omega_{\text{max}}^{(1)} = \omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot (t_1 + t_2);$$

$$\omega_{\text{min}}^{(1)} = -\omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot (t_1 + t_5);$$

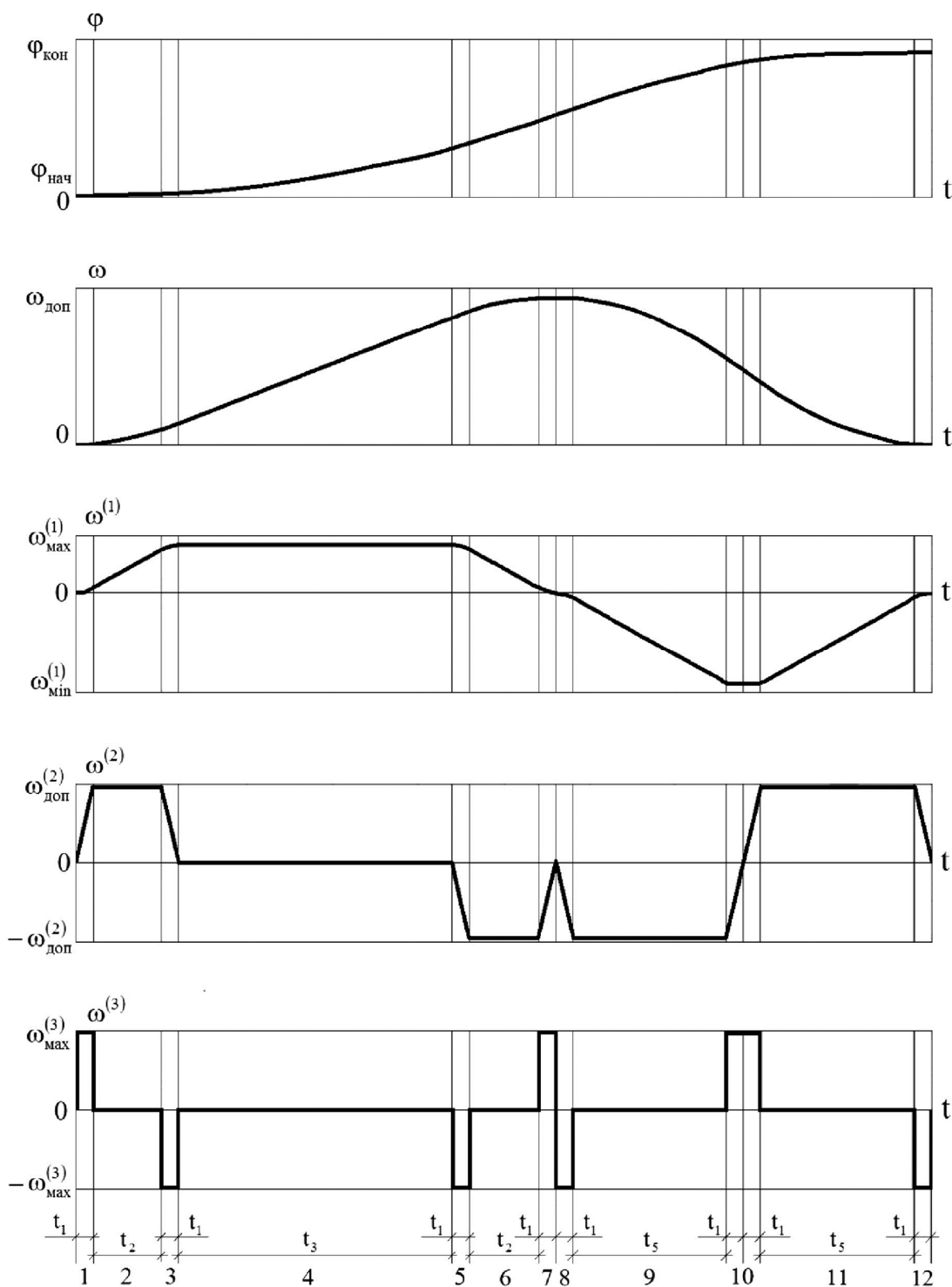
$$\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{max}}^{(1)} \cdot (2t_1 + t_2 + t_3);$$

$$\omega_{\text{max}} = -\omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot (2t_1 + t_5);$$

$$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \omega_{\text{max}} \cdot \left( 4t_1 + t_2 + \frac{1}{2}t_3 + t_5 \right);$$

$$T_{\text{ц}} = 8t_1 + 2t_2 + t_3 + 2t_5.$$

где  $I_{\text{доп}}$  – допустимое значение тока якорной цепи электропривода, А;  
 $C_M$  – коэффициент пропорциональности между током и моментом двигателя, В · с;  
 $M_{\text{CO}}$  – момент сопротивления электропривода, Н · м.  
 $J$  – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг · м<sup>2</sup>;  
 $T_{\text{Ц}}$  – длительность цикла, с.



**Рисунок 1** – Механические координаты электропривода при обработке перемещения его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой, имеющей ограничения максимального значения тока, второй и третьей производных скорости

Для параметров оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода с ограничениями максимального значения тока, второй и третьей производных скорости справедливы следующие зависимости:

$$\begin{aligned}\omega_{\max}^{(1)} &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J}; \\ t_1 &= \frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{\omega_{\max}^{(3)}}; \\ t_2 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} - t_1; \\ t_5 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} - t_1; \\ t_3 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}} \cdot \left[ \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} + t_1 \right] - \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} - t_1; \\ \omega_{\max} &= \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J} \cdot \left[ \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} + t_1 \right].\end{aligned}$$

Если  $t_3 = 0$ , то  $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.1}}$ .

Первое граничное значение угла поворота равно

$$\varphi_{\text{гр.1}} = 2 \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J} \cdot \left[ \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} + \frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{\omega_{\max}^{(3)}} \right]^2.$$

Если  $\omega_{\min} = -\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J}$ , то  $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.2}}$ .

Второе граничное значение угла поворота равно

$$\begin{aligned}\varphi_{\text{гр.2}} &= \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J} \cdot \left[ \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} + \frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{\omega_{\max}^{(3)}} \right]^2 \times \\ &\times \left[ \frac{2C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}} \cdot \frac{\omega_{\text{доп}}^{(2)}}{\omega_{\max}^{(3)}} + 2 \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} \right].\end{aligned}$$

В данной работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры:  $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$ ;  $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$ ;  $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$ ;  $L_{\text{я}} = 0,1 \text{ Гн}$ ;  $J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . На контролируемые координаты электропривода наложены ограничения:  $U_{\text{доп}} = 250 \text{ В}$ ;  $I_{\text{доп}} = 8 \text{ А}$ ;  $\omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Момент сопротивления электропривода равен  $M_{\text{CO}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Начальное значение угла поворота равно  $\varphi_{\text{нач}} = 0 \text{ рад}$ .

При этом первое граничное значение угла поворота исполнительного органа электропривода равно  $\varphi_{\text{гр.1}} = 2,88 \text{ рад}$ , второе граничное значение угла поворота равно  $\varphi_{\text{гр.2}} = 82,56 \text{ рад}$ .

В таблице 1 представлены результаты численного эксперимента рассматриваемого электропривода: определены значения разности конечного и начального значений угла поворота исполнительного органа электропривода ( $\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}$ ); времени  $t_3$ ,  $t_5$ ; времени цикла  $T_{\text{Ц}}$ ; максимального значения угловой скорости исполнительного органа электропривода  $\omega_{\text{max}}$ ; минимального значения первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода  $\omega_{\text{min}}^{(1)}$ .

Таблица 1 – Результаты численного эксперимента

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$ , рад	$t_3$ , с	$t_5$ , с	$T_{\text{Ц}}$ , с	$\omega_{\text{max}}$ , $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{\text{min}}^{(1)}$
2,88	0	0,08	0,48	12	-100
4,7712	0,048	0,1	0,568	16,8	-120
7,4368	0,104	0,12	0,664	22,4	-140
11,0592	0,168	0,14	0,768	28,8	-160
15,84	0,24	0,16	0,88	36	-180
22	0,32	0,18	1	44	-200
29,7792	0,408	0,2	1,128	52,8	-220
39,4368	0,504	0,22	1,264	62,4	-240
51,2512	0,608	0,24	1,408	72,8	-260
65,52	0,72	0,26	1,56	84	-280
82,56	0,84	0,28	1,72	96	-300

В дальнейшей работе необходимо определить аналитические зависимости контролируемых координат прецизионного электропривода постоянного тока от времени при отработке оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения его исполнительного органа, имеющей ограничения максимального значения тока, второй и третьей производных скорости. Это позволит построить электрические координаты от времени для рассматриваемого электропривода.

Оптимальную по быстродействию диаграмму перемещения его исполнительного органа, имеющую ограничения максимального значения тока, второй и третьей производных скорости целесообразно использовать для малых перемещений. Если задание по углу поворота исполнительного органа электропривода окажется больше второго граничного значения угла поворота, то необходимо использовать оптимальную по быстродействию диаграмму перемещения исполнительного органа прецизионного электропривода, имеющую ограничения по максимальному и минимальному значениям тока, второй и третьей производных скорости.

УДК 62

**БЛИЗКАЯ К ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММА  
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА  
ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ ПО НАПРЯЖЕНИЮ, ПО МАКСИМАЛЬНОМУ  
И МИНИМАЛЬНОМУ ЗНАЧЕНИЯМ ТОКА**



**CLOSE TO THE OPTIMAL SPEED DIAGRAM OF MOVEMENT OF  
THE EXECUTIVE BODY OF THE ELECTRIC DRIVE UNDER VOLTAGE  
LIMITATIONS, AT THE MAXIMUM AND MINIMUM CURRENT VALUES**

**Добробаба Юрий Петрович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроснабжения  
промышленных предприятий,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Мурлина Владислава Анатольевна**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры  
информационных систем  
и программирования,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Чернуха Максим Валерьевич**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Кияшко Данил Сергеевич**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** Разработана близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничении по напряжению, по максимальному и минимальному значениям тока. Диаграмма состоит из пяти этапов, определена область существования диаграммы.

**Ключевые слова:** близкая к оптимальной, с ограничением по напряжению, с ограничением по максимальному значению тока, с ограничением по минимальному значению тока, пятиэтапная диаграмма.

**Dobrobaba Yury Petrovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of Department  
of Power Supply Industrial Enterprises,  
Kuban State Technological University

**Murlina Vladislava Anatolievna**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of the Department  
of Information Systems and Programming,  
Kuban State Technological University

**Chernukha Maksim Valerevich**

Student,  
Kuban State Technological University

**Kiyashko Danil Sergeevich**

Student,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** A movement diagram of the actuator of the electric drive with limitation in voltage, maximum and minimum current values has been developed, which is close to the optimal speed diagram. The diagram consists of five stages, the area of existence of the diagram is determined.

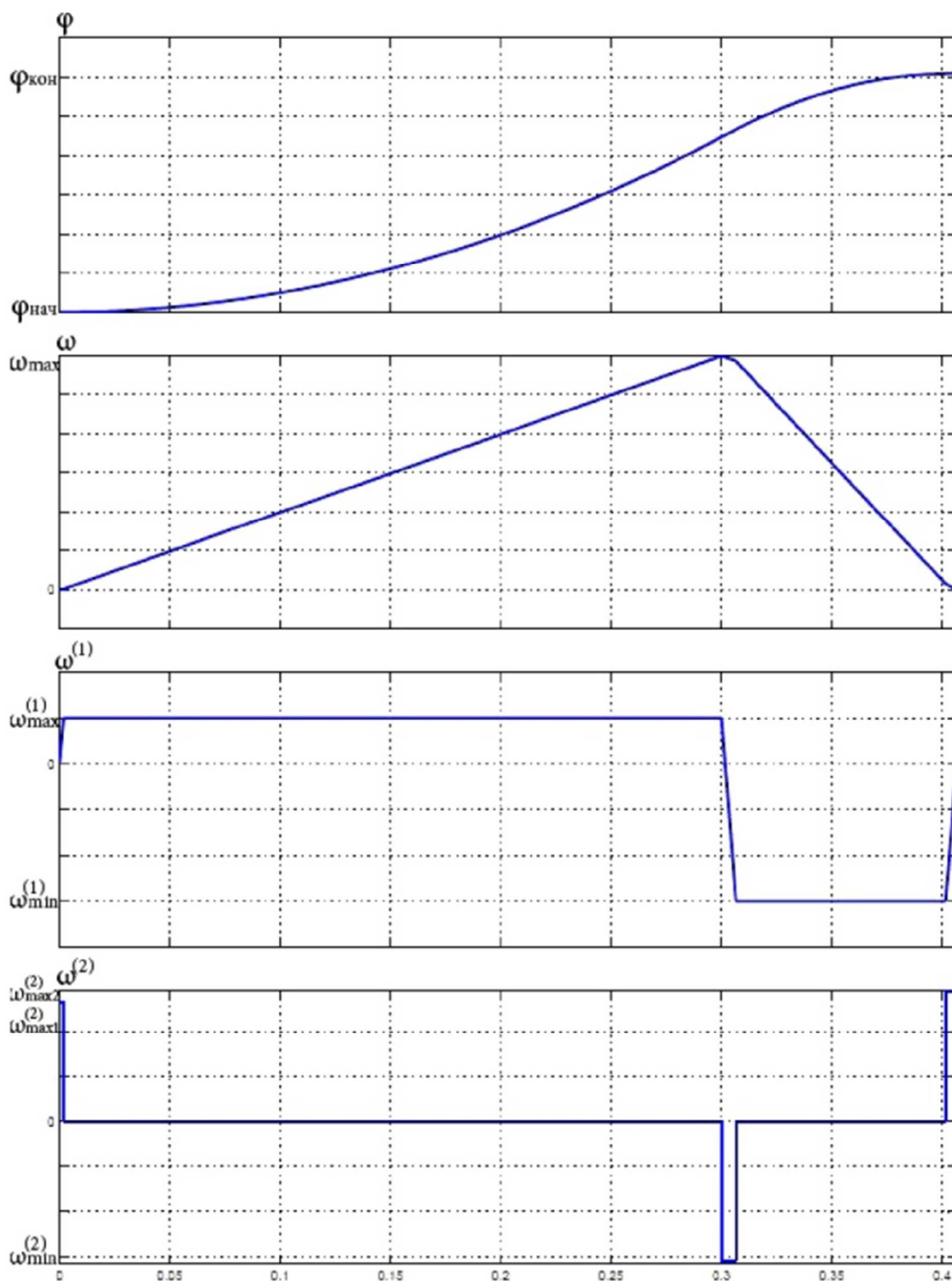
**Keywords:** close to optimal, with voltage limitation, with limitation for maximum current value, with limitation for minimum current value, five-stage diagram.

**В** монографии [1] приведена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, по максимальному и минимальному значениям тока, состоящая из пяти этапов. В зависимости от расклада корней характеристического уравнения системы возможны три вида переходных процессов. Это обуславливает необходимость разработки трёх алгоритмов управления перемещением исполнительного органа электропривода.

Чтобы устранить указанный недостаток в данной работе предлагается близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, по максимальному и минимальному значениям тока.

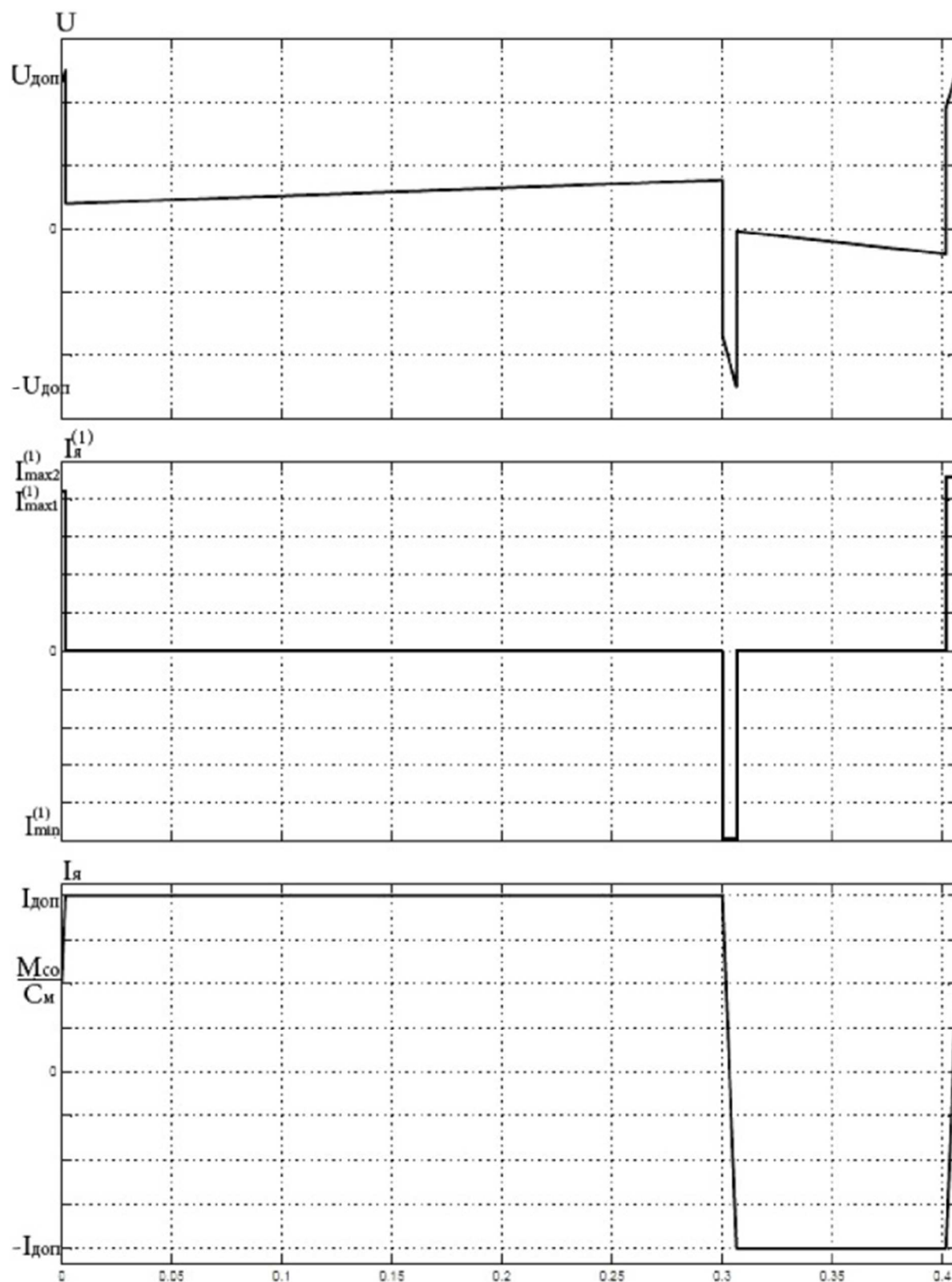


На рисунке 1 приведена близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока (механические контролируемые координаты).



**Рисунок 1** – Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока (механические контролируемые координаты)

На рисунке 2 приведена близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока (электрические контролируемые координаты).



**Рисунок 2** – Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока (электрические контролируемые координаты)

На рисунках приняты обозначения:

$\varphi$  – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\omega$  – угловая скорость исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}}$ ;

$\omega^{(1)}$  – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^2}$ ;

$\omega^{(2)}$  – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^3}$ ;

$U$  – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;

$I_{\text{я}}$  – ток якорной цепи электродвигателя,  $\frac{\text{А}}{\text{с}}$ ;

$I_{\text{я}}^{(1)}$  – первая производная тока якорной цепи электродвигателя,  $\frac{\text{А}}{\text{с}}$ ;

$M_{\text{со}}$  – момент сопротивления электропривода, Н·м;

$\varphi_{\text{нач}}$  – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\varphi_{\text{кон}}$  – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\omega_{\text{max}}$  – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}}$ ;

$\omega_{\text{max}}^{(1)}$  – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^2}$ ;

$\omega_{\text{min}}^{(1)}$  – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^2}$ ;

$\omega_{\text{max1}}^{(2)}$  – максимальное значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода на первом этапе,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^3}$ ;

$\omega_{\text{min}}^{(2)}$  – минимальное значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^3}$ ;

$\omega_{\text{max2}}^{(2)}$  – максимальное значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода на четвёртом этапе,  $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^3}$ ;

$U_{\text{доп}}$  – допустимое значение напряжения, приложенного к якорной цепи электродвигателя, В.

$I_{\text{доп}}$  – допустимое значение тока якорной цепи электродвигателя, А;

$I_{\text{max1}}^{(1)}$  – максимальное значение первой производной тока якорной цепи электродвигателя на первом этапе, А;

$I_{\text{min}}^{(1)}$  – минимальное значение первой производной тока якорной цепи электродвигателя, А;

$I_{\text{max2}}^{(1)}$  – максимальное значение первой производной тока якорной цепи электродвигателя на четвёртом этапе, А;

$t$  – время, с;

$t_1$  – длительность первого этапа, с;

$t_2$  – длительность второго этапа, с;

$t_3$  – длительность третьего этапа, с;

$t_4$  – длительность четвёртого этапа, с;

$t_5$  – длительность пятого этапа, с;

$C_m$  – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя, В·с.

Определим аналитические зависимости контролируемых координат электропривода от времени при его близком к оптимальному по быстродействию движении при ограничениях по напряжению и максимальному и минимальному значениям тока.

Этап 1. В интервале времени  $0 \leq t \leq t_1$ :

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max 1}^{(2)};$$

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t;$$

$$\omega(t) = \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t^2;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{6} \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t^3;$$

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{сo}} + J \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t];$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(2)};$$

$$U(t) = \frac{1}{2} C_{\text{е}} \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t^2 + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{сo}} + J \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(2)},$$

где  $J$  – момент инерции исполнительного органа электропривода,  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ;  
 $C_{\text{е}}$  – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью и ЭДС электродвигателя,  $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$ ;

$R_{\text{я}}$  – сопротивление якорной цепи электродвигателя, Ом;

$L_{\text{я}}$  – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн.

При  $t = 0_+$

$$\omega_{0+}^{(2)} = \omega_{\max 1}^{(2)};$$

$$\omega_{0+}^{(1)} = 0;$$

$$\omega_{0+} = 0;$$

$$\varphi_{0+} = \varphi_{\text{нач}};$$

$$I_{\text{я}0+} = \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot M_{\text{сo}};$$

$$I_{\text{я}0+}^{(1)} = \frac{J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(2)};$$

$$U_{0+} = \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot M_{\text{сo}} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(2)}.$$

При  $t = t_1$

$$\omega_1^{(2)} = \omega_{\max 1}^{(2)};$$

$$\omega_1^{(1)} = \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t_1;$$

$$\omega_1 = \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t_1^2;$$

$$\varphi_1 = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{6} \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t_1^3;$$

$$I_{\text{я}1} = \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{сo}} + J \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t_1];$$

$$I_{\text{я}}^{(1)} = \frac{J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(2)};$$

$$U_1 = \frac{1}{2} C_{\text{е}} \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t_1^2 + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{сo}} + J \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t_1] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(2)}.$$

Так как  $I_{\text{я}1} = I_{\text{доп}}$ , то

$$I_{\text{доп}} = \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{сo}} + J \omega_{\max 1}^{(2)} \cdot t_1];$$

$$\omega_{\max 1}^{(2)} = \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{сo}}}{J \cdot t_1}.$$

Так как  $U_1 = U_{\text{доп}}$ , то

$$U_{\text{доп}} = \frac{1}{2} C_e \omega_{\text{max1}}^{(2)} \cdot t_1^2 + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\text{max1}}^{(2)} \cdot t_1] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\text{max1}}^{(2)};$$

$$\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} - \frac{R_{\text{я}} M_{\text{co}}}{C_e C_{\text{м}}} = \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J \cdot t_1} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_{\text{м}}} \cdot t_1 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_{\text{м}}} \right);$$

$$t_1^2 + 2 \cdot \left[ \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_{\text{м}}} - \left( \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} - \frac{R_{\text{я}} M_{\text{co}}}{C_e C_{\text{м}}} \right) \cdot \frac{J}{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}} \right] \cdot t_1 + 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_{\text{м}}} = 0;$$

$$t_1 = \left[ \left( \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} - \frac{R_{\text{я}} M_{\text{co}}}{C_e C_{\text{м}}} \right) \cdot \frac{J}{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}} - \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_{\text{м}}} \right] - \sqrt{\left[ \left( \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} - \frac{R_{\text{я}} M_{\text{co}}}{C_e C_{\text{м}}} \right) \cdot \frac{J}{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}} - \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_{\text{м}}} \right]^2 - 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_{\text{м}}}}.$$

Таким образом, определяются два параметра близкой к оптимальной по быстродействию диаграмме перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока: длительность первого этапа и максимальное значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода на первом этапе.

**Этап 2.** В интервале времени  $t_1 \leq t \leq (t_1 + t_2)$ :

$$\omega^{(2)}(t) = 0;$$

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\text{max1}}^{(2)} \cdot t_1 = \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J};$$

$$\omega(t) = \omega_1 + \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J} \cdot (t - t_1);$$

$$\varphi(t) = \varphi_1 + \omega_1 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J} \cdot (t - t_1)^2;$$

$$I_{\text{я}}(t) = I_{\text{доп}};$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = 0;$$

$$U(t) = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J} \cdot (t - t_1) \right] + R_{\text{я}} I_{\text{доп}}.$$

При  $t = t_{1+}$

$$\omega_{1+}^{(2)} = 0;$$

$$\omega_{1+}^{(1)} = \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J};$$

$$\omega_{1+} = \omega_1;$$

$$\varphi_{1+} = \varphi_1;$$

$$I_{\text{я}1+} = I_{\text{доп}};$$

$$I_{\text{я}1+}^{(1)} = 0;$$

$$U_{1+} = C_e \omega_1 + R_{\text{я}} I_{\text{доп}}.$$

При  $t = (t_1 + t_2)$

$$\omega_2^{(2)} = 0;$$

$$\omega_2^{(1)} = \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J};$$

$$\omega_2 = \omega_1 + \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J} \cdot t_2;$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \omega_1 \cdot t_2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J} \cdot t_2^2;$$

$$I_{\text{я}2} = I_{\text{доп}};$$

$$I_{\text{я}2}^{(1)} = 0;$$

$$U_2 = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_2 \right] + R_{\text{я}} I_{\text{доп}}.$$

**Этап 3.** В интервале времени  $(t_1 + t_2) \leq t \leq (t_1 + t_2 + t_3)$ :

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\text{min}}^{(2)};$$

$$\omega^{(1)}(t) = \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} + \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2);$$

$$\omega(t) = \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_2 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2)^2;$$

$$\varphi(t) = \varphi_1 + \omega_1 \cdot t_2 + \frac{1}{2} \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_2^2 + \omega_1 \cdot (t - t_1 - t_2) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot$$

$$\cdot t_2 \cdot (t - t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2)^2 + \frac{1}{6} \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2)^3;$$

$$I_{\text{я}}(t) = I_{\text{доп}} + \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2);$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)};$$

$$U(t) = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_2 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2) + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2)^2 \right] + R_{\text{я}} I_{\text{доп}} + \frac{R_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2) + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)}.$$

При  $t = (t_1 + t_2)_+$

$$\omega_{2+}^{(2)} = \omega_{\text{min}}^{(2)};$$

$$\omega_{2+}^{(1)} = \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J};$$

$$\omega_{2+} = \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_2;$$

$$\varphi_{2+} = \varphi_1 + \omega_1 \cdot t_2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_2^2;$$

$$I_{\text{я}2+} = I_{\text{доп}};$$

$$I_{\text{я}2+}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)};$$

$$U_{2+} = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_2 \right] + R_{\text{я}} I_{\text{доп}} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)}.$$

При  $t = (t_1 + t_2 + t_3)$

$$\omega_3^{(2)} = \omega_{\text{min}}^{(2)};$$

$$\omega_3^{(1)} = \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} + \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3;$$

$$\omega_3 = \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t_2 + t_3) + \frac{1}{2} \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3^2;$$

$$\varphi_3 = \varphi_1 + \omega_1 \cdot (t_2 + t_3) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left( \frac{1}{2} t_2^2 + t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_3^2 \right) + \frac{1}{6} \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3^3;$$

$$I_{\text{я}3} = I_{\text{доп}} + \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3;$$

$$I_{\text{я}3}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)};$$

$$U_3 = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t_2 + t_3) + \frac{1}{2} \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3^2 \right] + R_{\text{я}} I_{\text{доп}} + \frac{R_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)}.$$

Так как  $I_{\text{я}3} = -I_{\text{доп}}$ , то

$$-I_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} + \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3;$$

$$\omega_{\text{min}}^{(2)} = -2 \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J \cdot t_3}.$$

Так как  $U_3 = -U_{доп}$ , то

$$-U_{доп} = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) + \frac{1}{2} \cdot \omega_{\min}^{(2)} \cdot t_3^2 \right] + R_{я} I_{доп} + \frac{R_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{\min}^{(2)} \cdot t_3 + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{\min}^{(2)};$$

$$\left( \frac{U_{доп}}{C_e} + \omega_1 + \frac{R_{я} I_{доп}}{C_e} \right) + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - 2 \cdot \frac{C_M I_{доп}}{J \cdot t_3} \cdot \left( \frac{1}{2} t_3^2 + \frac{R_{я} J}{C_e C_M} \cdot t_3 + \frac{L_{я} J}{C_e C_M} \right) = 0. \quad (1)$$

**Этап 4.** В интервале времени  $(t_1 + t_2 + t_3) \leq t \leq (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$ :

$$\omega^{(2)}(t) = 0;$$

$$\omega^{(1)}(t) = \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} - 2 \cdot \frac{C_M I_{доп}}{J} = -\frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J};$$

$$\omega(t) = \omega_1 + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3 - \frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3);$$

$$\varphi(t) = \varphi_1 + \omega_1 \cdot (t_2 + t_3) + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot \left( \frac{1}{2} t_2^2 + t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_3^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3^2 + \omega_1 \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3) + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) \times$$

$$\times (t - t_1 - t_2 - t_3) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3 \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3)^2;$$

$$I_{я}(t) = -I_{доп};$$

$$I_{я}^{(1)}(t) = 0;$$

$$U(t) = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3 - \frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3) \right] - R_{я} I_{доп}.$$

При  $t = (t_1 + t_2 + t_3)_+$

$$\omega_{3+}^{(2)} = 0;$$

$$\omega_{3+}^{(1)} = -\frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J};$$

$$\omega_{3+} = \omega_1 + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3;$$

$$\varphi_{3+} = \varphi_1 + \omega_1 \cdot (t_2 + t_3) + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot \left( \frac{1}{2} t_2^2 + t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_3^2 \right) - \frac{1}{3} \cdot \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3^2;$$

$$I_{я3+} = -I_{доп};$$

$$I_{я3+}^{(1)} = 0;$$

$$U_{3+} = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3 \right] - R_{я} I_{доп}.$$

При  $t = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)$

$$\omega_4^{(2)} = 0;$$

$$\omega_4^{(1)} = -\frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J};$$

$$\omega_4 = \omega_1 + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3 - \frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J} \cdot t_4; \quad (2)$$

$$\varphi_4 = \varphi_1 + \omega_1 \cdot (t_2 + t_3 + t_4) + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot \left( \frac{1}{2} t_2^2 + t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_3^2 + t_2 t_4 + t_3 t_4 \right) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot \left( \frac{1}{3} t_3^2 + t_3 t_4 \right) - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J} \cdot t_4^2; \quad (3)$$

$$I_{я4} = -I_{доп};$$

$$I_{я4}^{(1)} = 0;$$

$$U_4 = C_e \cdot \left[ \omega_1 + \frac{C_M I_{доп} - M_{со}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - \frac{C_M I_{доп}}{J} \cdot t_3 - \frac{C_M I_{доп} + M_{со}}{J} \cdot t_4 \right] - R_{я} I_{доп}.$$

**Этап 5.** В интервале времени  $(t_1 + t_2 + t_3 + t_4) \leq t \leq (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5)$ :

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max 2}^{(2)};$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} + \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4);$$

$$\omega(t) = \omega_4 - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4) + \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4)^2;$$

$$\varphi(t) = \varphi_4 + \omega_4 \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4) - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4)^2 + \frac{1}{6} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4)^3;$$

$$I_{\text{я}}(t) = -I_{\text{доп}} + \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4);$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)};$$

$$U(t) = C_e \cdot \left[ \omega_4 - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4) + \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4)^2 \right] - R_{\text{я}} I_{\text{доп}} + \frac{R_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2 - t_3 - t_4) + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)}.$$

При  $t = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) +$

$$\omega_{4+}^{(2)} = \omega_{\max 2}^{(2)};$$

$$\omega_{4+}^{(1)} = -\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J};$$

$$\omega_{4+} = \omega_4;$$

$$\varphi_{4+} = \varphi_4;$$

$$I_{\text{я}4+} = -I_{\text{доп}};$$

$$I_{\text{я}4+}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)};$$

$$U_{4+} = C_e \omega_4 - R_{\text{я}} I_{\text{доп}} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)}.$$

При  $t = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5)$

$$\omega_5^{(2)} = \omega_{\max 2}^{(2)};$$

$$\omega_5^{(1)} = -\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} + \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot t_5;$$

$$\omega_5 = \omega_4 - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} \cdot t_5 + \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot t_5^2;$$

$$\varphi_5 = \varphi_4 + \omega_4 \cdot t_5 - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} \cdot t_5^2 + \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot t_5^3;$$

$$I_{\text{я}5} = -I_{\text{доп}} + \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot t_5;$$

$$I_{\text{я}5}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)};$$

$$U_5 = C_e \cdot \left[ \omega_4 - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} \cdot t_5 + \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot t_5^2 \right] - R_{\text{я}} I_{\text{доп}} + \frac{R_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot t_5 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(2)}.$$

Так как  $\varphi_5 = \varphi_{\text{кон}}$ , то

$$\varphi_{\text{кон}} = \varphi_4 + \omega_4 \cdot t_5 - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{сo}}}{J} \cdot t_5^2 + \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(2)} \cdot t_5^3.$$



Так как  $\omega_5 = 0$ , то

$$\omega_4 - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_5 + \frac{1}{2} \omega_{\text{max}2}^{(2)} \cdot t_5^2 = 0.$$

Так как  $\omega_5^{(1)} = 0$ , то

$$\omega_{\text{max}2}^{(2)} \cdot t_5 = \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J}.$$

Так как  $U_5 = U_{\text{доп}}$ , то

$$U_{\text{доп}} = -R_{\text{я}} I_{\text{доп}} + R_{\text{я}} \left( I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right) + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}2}^{(2)};$$

$$U_{\text{доп}} = \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot M_{\text{со}} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}2}^{(2)};$$

$$\omega_{\text{max}2}^{(2)} = \frac{C_M U_{\text{доп}} - R_{\text{я}} M_{\text{со}}}{L_{\text{я}} J}.$$

$$t_5 = \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{C_M U_{\text{доп}} - R_{\text{я}} M_{\text{со}}} \cdot L_{\text{я}}.$$

$$\omega_4 = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_5^2.$$

$$\varphi_{\text{кон}} = \varphi_4 + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_5^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_5^2 + \frac{1}{6} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_5^2;$$

$$\varphi_4 = \varphi_{\text{кон}} - \frac{1}{6} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_5^2.$$

Из системы, состоящей из трёх уравнений (1), (2) и (3), определяются длительности второго, третьего и четвёртого этапов.

Если  $t_4 = 0$ , то  $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.2}}$ .

При этом справедлива система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 + \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} \right) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - 2 \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J \cdot t_3} \times \\ \times \left( \frac{1}{2} t_3^2 + \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot t_3 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M} \right) = 0; \\ \omega_4 = \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t_2 + t_3) - \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \cdot t_3; \\ \varphi_{\text{гр.2}} = \frac{1}{6} \omega_{\text{max}1}^{(2)} \cdot t_1^3 + \omega_1 \cdot (t_2 + t_3) + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t_2 + t_3)^2 - \\ - \frac{1}{3} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \cdot t_3^2 + \frac{1}{6} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_5^2. \end{array} \right.$$

$$\frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot (t_2 + t_3) = \omega_4 - \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \cdot t_3.$$

$$\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 + \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_4 - \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \cdot t_3 - \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \cdot t_3 - 2 \cdot \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} - 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} \cdot \frac{1}{t_3} = 0;$$

$$\left( \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_4 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} \right) \cdot t_3 = 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e};$$

$$t_3 = 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{U_{\text{доп}} + C_e \omega_4 - R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}.$$

$$(t_2 + t_3) = \frac{J \cdot (\omega_4 - \omega_1)}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} + \frac{C_M I_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} \cdot t_3;$$

$$t_2 = \frac{J \cdot (\omega_4 - \omega_1)}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} + \frac{M_{\text{со}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} \cdot t_3.$$

Если  $t = (t_1 + t_2 + \frac{1}{4} t_3)$ , то

$$\omega_{\text{экстр}}^{(1)} = 0;$$

$$\omega_{\text{экстр}} = \omega_{\text{max}}.$$

$$\frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} + \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot \frac{1}{4} t_3 = 0;$$

$$\frac{1}{4}t_3 = -\frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J \omega_{\text{min}}^{(2)}};$$

$$\omega_{\text{max}} = \omega_1 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left(t_2 + \frac{1}{4}t_3\right) + \frac{1}{32} \omega_{\text{min}}^{(2)} \cdot t_3^2.$$

Если  $\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{доп}}$ , то  $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.3}}$ .

При этом

$$\begin{cases} \omega_{\text{доп}} = \omega_{\text{max1}}^{(1)} \cdot \left(\frac{1}{2}t_1 + t_{2\text{max}} + \frac{1}{8}t_3\right); \\ \omega_{\text{доп}} = -\omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot \left(\frac{3}{8}t_3 + t_{4\text{max}} + \frac{1}{2}t_5\right); \end{cases}$$

$$t_{2\text{max}} = \frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{1}{2}t_1 - \frac{1}{8}t_3;$$

$$t_{4\text{max}} = -\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{3}{8}t_3 - \frac{1}{2}t_5;$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e}\right) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{1}{2}t_1 - \frac{1}{8}t_3 + t_3\right] - \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \cdot t_3 - \\ - 2 \cdot \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} - 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} \cdot \frac{1}{t_3} = 0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e}\right) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{1}{2}t_1\right] + \frac{7 C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot t_3 - \\ - \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \cdot t_3 = 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} \cdot \frac{1}{t_3}; \end{aligned}$$

$$\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e}\right) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{1}{2}t_1\right] - \frac{1 C_M I_{\text{доп}} + 7 M_{\text{со}}}{J} \cdot t_3 = 2 \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} \cdot \frac{1}{t_3};$$

$$\begin{aligned} t_3^2 - \frac{8J}{C_M I_{\text{доп}} + 7M_{\text{со}}} \cdot \left\{\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e}\right) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{1}{2}t_1\right]\right\} \times \\ \times t_3 + \frac{16J}{C_M I_{\text{доп}} + 7M_{\text{со}}} \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e} = 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_3 = \frac{4J}{C_M I_{\text{доп}} + 7M_{\text{со}}} \cdot \left\{\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e}\right) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{1}{2}t_1\right]\right\} - \\ - \sqrt{\frac{16J^2}{(C_M I_{\text{доп}} + 7M_{\text{со}})^2} \cdot \left\{\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_1 - \frac{R_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e}\right) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \cdot \left[\frac{\omega_{\text{доп}}}{\omega_{\text{max}}^{(1)}} - \frac{1}{2}t_1\right]\right\}^2} \\ \rightarrow - \frac{16J}{C_M I_{\text{доп}} + 7M_{\text{со}}} \cdot \frac{L_{\text{я}} I_{\text{доп}}}{C_e}. \end{aligned}$$

При этом

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{гр.3}} = \frac{1}{6} \omega_{\text{max1}}^{(2)} \cdot t_1^3 + \omega_1 \cdot (t_{2\text{max}} + t_3 + t_{4\text{max}}) + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \times \\ \times \left(\frac{1}{2}t_{2\text{max}}^2 + t_{2\text{max}}t_3 + \frac{1}{2}t_3^2 + t_{2\text{max}}t_{4\text{max}} + t_3t_{4\text{max}}\right) - \\ - \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J} \left(\frac{1}{3}t_3^2 + t_3t_{4\text{max}}\right) - \frac{1 C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_{4\text{max}}^2. \end{aligned}$$

В данной статье рассматривается электропривод имеющий следующие параметры:  $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$ ;  $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$ ;  $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$ ;  $L_{\text{я}} = 0,1 \text{ Гн}$ ;  $J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . На контролируемые координаты электропривода наложены ограничения:  $U_{\text{доп}} = 250 \text{ В}$ ;  $I_{\text{доп}} = 8 \text{ А}$ ;  $\omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Момент сопротивления электропривода  $M_{\text{со}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

В таблице 1 представлены результаты численного эксперимента рассматриваемого электропривода.

Таблица 1

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}), \text{ рад}$	$t_2, \text{ с}$	$t_3, \text{ с}$	$t_4, \text{ с}$	$T_{\text{ц}}, \text{ с}$	$\frac{(2)}{\text{min}} \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$	$\frac{\text{рад}}{\text{с}} \text{max}$
0,023977117	0,014456885	$7,583719736 \cdot 10^{-3}$	0	0,029163838	-52744,56519	1,635777
6,097327939	0,298236007	$6,488567778 \cdot 10^{-3}$	0,094958091	0,4068059	-61646,88629	30
24,16765343	0,598343369	$5,62967319 \cdot 10^{-3}$	0,19520176	0,793623545	-71052,0818	60
54,22255476	0,898425576	$4,972019808 \cdot 10^{-3}$	0,295526796	1,206047626	-80450,20242	90
96,26598097	1,198490555	$4,452187403 \cdot 10^{-3}$	0,395721734	1,605787711	-89843,47778	120
150,3011936	1,498543215	$4,030905416 \cdot 10^{-3}$	0,495879714	2,005577069	-99233,28848	150
170,9789272	1,598558619	$3,907676426 \cdot 10^{-3}$	0,529259258	2,138848788	-102362,6207	160

Для данного электропривода построена близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока в механических контролируемых координатах (рис. 1) и в электрических контролируемых координатах (рис. 2). В качестве примера представлена диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода, имеющего максимальную угловую скорость  $\omega_{\text{max}} = 30 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

### Выводы

В результате разработан алгоритм, позволяющий определить длительности первого, второго, третьего, четвертого и пятого этапов, первое максимальное значение второй производной угловой скорости, минимальное значение второй производной угловой скорости и второе максимальное значение второй производной угловой скорости.

### Литература

1. Добробаба Ю.П., Литаш Б.С. Квазиоптимальный по быстродействию программно-управляемый позиционный электропривод: монография // Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. ГУО ВПО «КубГТУ», 2009. – 178 с.
2. Добробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чернуха М.В. Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничении по напряжению // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 404–413.

### References

1. Dobrobaba S.P., Litash B.S. Quasi-optimal in terms of speed of the program-controlled positional electric drive: monograph // Kuban State Technological University. – Krasnodar : Publishing house of State Educational Institution of Higher Professional Education «KubGTU», 2009. – 178 p.
2. Dobrobaba S.P., Murlina, V.A., Chernukha, M.V. The close to optimal diagram of the motion of the actuator under the voltage limit // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 404–413.

УДК 62

**АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ  
ПЯТОГО ПОРЯДКА С ПЯТЬЮ КОРНЯМИ КРАТНОСТЬЮ ОДИН  
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**



**ANALYSIS OF TRANSITIONAL CHARACTERISTICS OF  
THE FIFTH ORDER SYSTEM WITH FIVE ROOTS WITH MULTIPLE ONE OF  
THE CHARACTERISTIC EQUATION**

**Добробаба Юрий Петрович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроснабжения  
промышленных предприятий,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Мурлина Владислава Анатольевна**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры  
информационных систем  
и программирования,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Чувиллин Никита Александрович**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** Определены переходные характеристики системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом нулевой степени и с полиномом первой степени числителя передаточной функции. Доказано, что переходные характеристики системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом первой степени не имеют перерегулирование при условии: постоянная времени полинома числителя передаточной функции пятого порядка меньше или равна большей постоянной времени знаменателя передаточной функции.

**Ключевые слова:** переходная характеристика, характеристическое уравнение системы пятого порядка, корни характеристического уравнения.

**Dobrobaba Yury Petrovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of Department  
of Power Supply Industrial Enterprises,  
Kuban State Technological University

**Murlina Vladislava Anatolievna**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of the Department  
of Information Systems and Programming,  
Kuban State Technological University

**Chuvilin Nikita Aleksandrovich**

Student,  
Kuban State Technological University

**Annotation.** Transient characteristics of a fifth-order system with five roots of multiplicity one of the characteristic equation with a zero-degree polynomial and a first-degree polynomial of the numerator of the transfer function are determined. It is proved that the transient characteristics of a fifth-order system with five roots of the multiplicity of the characteristic equation with a first-degree polynomial do not have overshoot, provided that the time constant of the numerator of the fifth-order transfer function is less than or equal to the greater time constant of the denominator of the transfer function.

**Keywords:** transient response, characteristic equation of the fifth order system, roots of the characteristic equation.

**В** статье [1] выполнен анализ переходных характеристик систем пятого порядка с пятью кратными корнями характеристического уравнения.

В данной работе анализируются переходные характеристики системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения.

Передаточная функция систем пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения:

$$W_{50}(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1) \cdot (T_3 p + 1) \cdot (T_4 p + 1) \cdot (T_5 p + 1)},$$

где  $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq T_5$  – постоянные времени полинома знаменателя передаточной функции пятого порядка.

Корни характеристического уравнения системы с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения:

$$P_1 = -\frac{1}{T_1}; P_2 = -\frac{1}{T_2}; P_3 = -\frac{1}{T_3}; P_4 = -\frac{1}{T_4}; P_5 = -\frac{1}{T_5}.$$

Переходная характеристика системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения имеет вид:

$$h_{50}(t) = K_1 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + K_2 \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + K_3 \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + K_4 \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + K_5 \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + K_6.$$

Первая, вторая, третья и четвертая производные переходной характеристики системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения имеют вид:

$$h_{50}^{(1)}(t) = -\frac{K_1}{T_1} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_2} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_3}{T_3} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_4}{T_4} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \frac{K_5}{T_5} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}};$$

$$h_{50}^{(2)}(t) = \frac{K_1}{T_1^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_2}{T_2^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{K_3}{T_3^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{K_4}{T_4^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \frac{K_5}{T_5^2} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}};$$

$$h_{50}^{(3)}(t) = -\frac{K_1}{T_1^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{K_2}{T_2^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{K_3}{T_3^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{K_4}{T_4^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \frac{K_5}{T_5^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}};$$

$$h_{50}^{(4)}(t) = \frac{K_1}{T_1^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{K_2}{T_2^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{K_3}{T_3^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{K_4}{T_4^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \frac{K_5}{T_5^4} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}}.$$

Так как начальные и конечные значения системы пятого порядка (с точки зрения физики) имеют вид:

$$\begin{cases} h_{50}(0) = 0; \\ h_{50}^{(1)}(0) = 0; \\ h_{50}^{(2)}(0) = 0; \\ h_{50}^{(3)}(0) = 0; \\ h_{50}^{(4)}(0) = 0; \\ h_{50}(\infty) = 1, \end{cases}$$

а начальные и конечные значения системы пятого порядка (с точки зрения математики) имеют вид:

$$\begin{cases} h_{50}(0) = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6; \\ h_{50}^{(1)}(0) = -\frac{K_1}{T_1} - \frac{K_2}{T_2} - \frac{K_3}{T_3} - \frac{K_4}{T_4} - \frac{K_5}{T_5}; \\ h_{50}^{(2)}(0) = \frac{K_1}{T_1^2} + \frac{K_2}{T_2^2} + \frac{K_3}{T_3^2} + \frac{K_4}{T_4^2} + \frac{K_5}{T_5^2}; \\ h_{50}^{(3)}(0) = -\frac{K_1}{T_1^3} - \frac{K_2}{T_2^3} - \frac{K_3}{T_3^3} - \frac{K_4}{T_4^3} - \frac{K_5}{T_5^3}; \\ h_{50}^{(4)}(0) = \frac{K_1}{T_1^4} + \frac{K_2}{T_2^4} + \frac{K_3}{T_3^4} + \frac{K_4}{T_4^4} + \frac{K_5}{T_5^4}; \\ h_{50}(\infty) = K_6, \end{cases}$$

то справедливы соотношения:

$$\begin{cases} K_6 = 1; \\ K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + 1 = 0; \\ -\frac{K_1}{T_1} - \frac{K_2}{T_2} - \frac{K_3}{T_3} - \frac{K_4}{T_4} - \frac{K_5}{T_5} = 0; \\ \frac{K_1}{T_1^2} + \frac{K_2}{T_2^2} + \frac{K_3}{T_3^2} + \frac{K_4}{T_4^2} + \frac{K_5}{T_5^2} = 0; \\ -\frac{K_1}{T_1^3} - \frac{K_2}{T_2^3} - \frac{K_3}{T_3^3} - \frac{K_4}{T_4^3} - \frac{K_5}{T_5^3} = 0; \\ \frac{K_1}{T_1^4} + \frac{K_2}{T_2^4} + \frac{K_3}{T_3^4} + \frac{K_4}{T_4^4} + \frac{K_5}{T_5^4} = 0. \end{cases}$$

$$[T_1^4 - T_1^3 \cdot (T_2 + T_3 + T_4 + T_5) + T_1^2 \cdot (T_2 T_3 + T_2 T_4 + T_2 T_5 + T_3 T_4 + T_3 T_5 + T_4 T_5) - T_1 \cdot (T_2 T_3 T_4 + T_2 T_3 T_5 + T_2 T_4 T_5 + T_3 T_4 T_5) + T_2 T_3 T_4 T_5] \cdot K_1 = -T_1^4.$$

Так как

$$(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5) = [T_1^2 - T_1 \cdot (T_2 + T_3) + T_2 T_3] \cdot [T_1^2 - T_1 \cdot (T_4 + T_5) + T_4 T_5] = T_1^4 - T_1^3 \cdot (T_2 + T_3) + T_1^2 T_2 T_3 - T_1^3 \cdot (T_4 + T_5) + T_1^2 \cdot (T_2 + T_3) \times (T_4 + T_5) - T_1 T_2 T_3 \cdot (T_4 + T_5) + T_1^2 T_4 T_5 - T_1 T_4 T_5 \cdot (T_2 + T_3) + T_2 T_3 T_4 T_5 = T_1^4 - T_1^3 \cdot (T_2 + T_3 + T_4 + T_5) + T_1^2 \cdot (T_2 T_3 + T_2 T_4 + T_2 T_5 + T_3 T_4 + T_3 T_5 + T_4 T_5) - T_1 \cdot (T_2 T_3 T_4 + T_2 T_3 T_5 + T_2 T_4 T_5 + T_3 T_4 T_5) + T_2 T_3 T_4 T_5,$$

то

$$(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5) \cdot K_1 = -T_1^4.$$

Коэффициенты переходной характеристики системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения имеют вид:

$$K_1 = -\frac{T_1^4}{(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5)};$$

$$K_2 = \frac{T_2^4}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5)};$$

$$K_3 = -\frac{T_3^4}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5)};$$

$$K_4 = \frac{T_4^4}{(T_1 - T_4) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5)};$$

$$K_5 = -\frac{T_5^4}{(T_1 - T_5) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5)}.$$

Таким образом, переходная характеристика системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения и её первая производная соответственно равны:

$$h_{50}(t) = -\frac{T_1^4}{(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2^4}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{T_3^4}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{T_4^4}{(T_1 - T_4) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \frac{T_5^4}{(T_1 - T_5) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + 1;$$

$$h_{50}^{(1)}(t) = \frac{T_1^3}{(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2^3}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{T_3^3}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} - \frac{T_4^3}{(T_1 - T_4) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \frac{T_5^3}{(T_1 - T_5) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}}.$$

Передаточная функция системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом первой степени в числителе имеет вид:

$$W_{51}(p) = \frac{\tau p + 1}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1) \cdot (T_3 p + 1) \cdot (T_4 p + 1) \cdot (T_5 p + 1)},$$

где  $\tau$  – постоянная времени полинома числителя передаточной функции пятого порядка.

Переходная характеристика системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом первой степени в числителе имеет вид:

$$h_{51}(t) = -\frac{T_1^3 \cdot (T_1 - \tau)}{(T_1 - T_2) \cdot (T_1 - T_3) \cdot (T_1 - T_4) \cdot (T_1 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} +$$

$$+ \frac{T_2^3 \cdot (T_2 - \tau)}{(T_1 - T_2) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{T_3^3 \cdot (T_3 - \tau)}{(T_1 - T_3) \cdot (T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} +$$

$$+ \frac{T_4^3 \cdot (T_4 - \tau)}{(T_1 - T_4) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} - \frac{T_5^3 \cdot (T_5 - \tau)}{(T_1 - T_5) \cdot (T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + 1.$$

Рассмотрим один вариант значения корней переходной характеристики системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом первой степени в числителе.

Здесь  $T_1 > T_2 > T_3 > T_4 > T_5$ .

При этом, если  $\tau = T_1$ , то

$$h_{51}(t) = -\frac{T_2^3}{(T_2 - T_3) \cdot (T_2 - T_4) \cdot (T_2 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + \frac{T_3^3}{(T_2 - T_3) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_3 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_3}} -$$

$$-\frac{T_4^3}{(T_2 - T_4) \cdot (T_3 - T_4) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_4}} + \frac{T_5^3}{(T_2 - T_5) \cdot (T_3 - T_5) \cdot (T_4 - T_5)} \cdot e^{-\frac{t}{T_5}} + 1$$

Предположим  $T_1 = 0,3T; T_2 = 0,25T; T_3 = 0,2T; T_4 = 0,15T; T_5 = 0,1T$ . При  $\tau = 0$

$$h_{51}(t) = -54 \cdot e^{-\frac{10}{3} \frac{t}{T}} + \frac{625}{6} \cdot e^{-4 \frac{t}{T}} - 64 \cdot e^{-5 \frac{t}{T}} + \frac{27}{2} \cdot e^{-\frac{20}{3} \frac{t}{T}} - \frac{2}{3} \cdot e^{-10 \frac{t}{T}} + 1.$$

При  $\tau = T_1$

$$h_{51}(t) = -\frac{125}{6} \cdot e^{-4 \frac{t}{T}} + 32 \cdot e^{-5 \frac{t}{T}} - \frac{27}{2} \cdot e^{-\frac{20}{3} \frac{t}{T}} + \frac{4}{3} \cdot e^{-10 \frac{t}{T}} + 1.$$

При  $\tau = 2T_1$

$$h_{51}(t) = \frac{162}{3} \cdot e^{-\frac{10}{3} \frac{t}{T}} - \frac{875}{6} \cdot e^{-4 \frac{t}{T}} + 128 \cdot e^{-5 \frac{t}{T}} - \frac{81}{2} \cdot e^{-\frac{20}{3} \frac{t}{T}} + \frac{10}{3} \cdot e^{-10 \frac{t}{T}} + 1.$$

Проведена серия численного эксперимента, результаты которой представлены в таблице 1.

При этом  $T_1 = 0,3T; T_2 = 0,25T; T_3 = 0,2T; T_4 = 0,15T; T_5 = 0,1T$ .

Таблица 1 – Результаты первой серии численного эксперимента

$\frac{t}{T}$	$h_{51}$		
	$\tau = 0$	$\tau = T_1$	$\tau = 2T_1$
0	0	0	0
0,25	0,011262169	0,063624502	0,115986834
0,5	0,121809818	0,334619908	0,547429998
0,75	0,339020856	0,625112438	0,911204019
1	0,567405092	0,816918471	1,06643185
1,25	0,744354824	0,918160617	1,091966411
1,5	0,859569509	0,965445538	1,071321567
1,75	0,926833741	0,985957493	1,045081245
2	0,963338066	0,994442131	1,025546196
2,25	0,982160294	0,997841066	1,013521839
2,5	0,991511482	0,999172641	1,0068338
2,75	0,996030511	0,999686067	1,003341623
3	0,998168876	0,999881757	1,001594637
3,25	0,999164388	0,999955709	1,00074703
3,5	0,999621965	0,999983479	1,000344993
3,75	0,999830165	0,999993857	1,000157549
4	0,999924132	0,999997721	1,000071311
4,25	0,999966265	0,999999156	1,000032047
4,5	0,999985057	0,999999688	1,000014319
4,75	0,999993402	0,999999885	1,000006368
5	0,999997094	0,999999958	1,000002821

По результатам серии численного эксперимента на рисунке 1 представлены зависимости переходных характеристик системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом первой степени в числителе передаточной функции при различных значениях  $\tau$ .

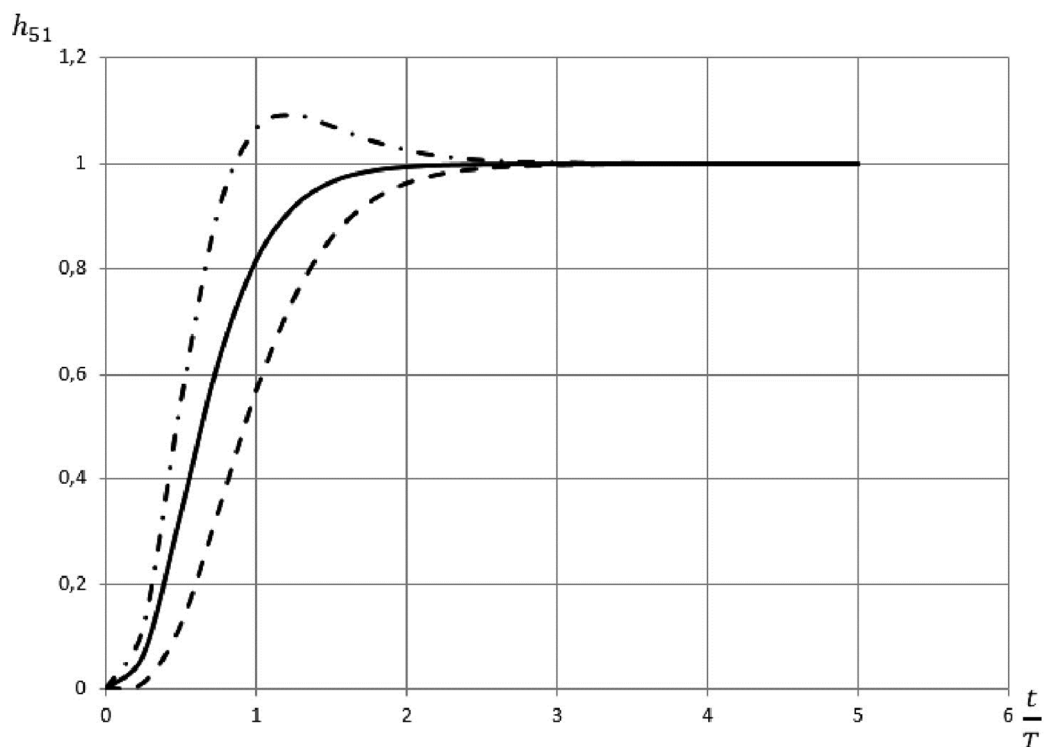


Рисунок 1 – Зависимость  $h_{51}$  от  $\frac{t}{T}$  при различных  $\tau$

### Выводы

Для систем пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом нулевой степени и с полиномом первой степени числителя передаточной функции определены переходные характеристики.

Проведен численный эксперимент, на основании которого получены зависимости переходных характеристик системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом первой степени в числителе передаточной функции при различных значениях  $\tau$ .

Установлено: если постоянная времени полинома числителя передаточной функции пятого порядка меньше или равна большей постоянной времени знаменателя передаточной функции, то переходные характеристики систем пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения с полиномом первой степени числителя передаточной функции не имеют перерегулирования.

### Литература

1. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик систем пятого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии. (Политехнический вестник). – 2019. – № 1.

### References

1. Dobrobaba Y.P., Murlin A.G., Serkin A.D. Analysis of the transient characteristics of fifth order systems with multiple roots of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology. (Polytechnical bulletin). – 2019. – № 1.



УДК 664.8: 664.8.022.6

**РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ  
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ****DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE CONTROL SYSTEM FOR  
THE EXTRACTION OF FLAVONOIDS FROM PLANT RAW MATERIALS****Занин Дмитрий Евгеньевич**

канд. техн. наук, доцент кафедры  
систем управления и технологических комплексов,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Касьянов Дмитрий Геннадьевич**

канд. техн. наук, технолог  
ООО «НПП Плазма К»

**Аннотация.** Адаптивная система газожидкостных экстракционных установок непосредственно связана с их эволюцией за последние десятилетия. Для повышения адаптивности системы использована рекомбинация инновационных приемов в экстракционных технологиях. Заимствование идей электрофизического воздействия на перерабатываемое сырье позволило усовершенствовать технику и технологию CO<sub>2</sub>-экстракции с последующей передачей управления продуктом рынку. Выделение из растительного сырья флавоноидов приобрело особую актуальность в последние годы, в связи с необходимостью продлить сроки хранения пищевых продуктов. Цель работы заключалась в разработке технологических режимов извлечения флавоноидов из растительного сырья. В работе проанализировано содержание флавоноидов в растительном сырье, исследованы способы подготовки сырья к экстракции, особенности извлечения флавоноидов из растительного сырья на универсальном экстракционном модуле, с использованием в качестве экстрагента диоксида углерода в различных фазовых состояниях. Дана характеристика диоксида углерода как экстрагента ценных компонентов сырья. Приведены основные параметры процесса до- и сверхкритической экстракции, качественные и количественные показатели CO<sub>2</sub>-экстрактивных веществ. Разработаны режимы экстракции флавоноидов из растительного сырья сверхкритическим диоксидом углерода в присутствии соразтворителя при давлении 15–40,0 МПа и температуре 30–45 °С. На универсальном экстракционном модуле, при воздействии на процесс извлечения экстрактов ультразвука (20–22 кГц) и ЭМП низкой частоты (25–100 Гц), достигнута высокая концентрация основного компонента. Выполненное исследование позволило повысить выход суммы флавоноидов из исследуемого сырья выше нормативного на 26–28 %.

**Ключевые слова:** адаптивные системы, CO<sub>2</sub>-экстракция, растительное сырье, каротиноиды, флавоноиды, докритическая экстракция, сверхкритическая экстракция, режимы CO<sub>2</sub>-экстракции.

**Zanin Dmitriy Evgenyevich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of  
the Department Control Systems and  
Technological Systems,  
Kuban State Technological University

**Kasyanov Dmitry Gennadyevich**

Candidate of Technical Sciences,  
Technologist,  
«Scientific and Production Enterprise  
Plasma K» LLC

**Annotation.** The adaptive system of gas-liquid extraction plants is directly related to their evolution over the past decades. To increase the adaptability of the system, the recombination of innovative techniques in extraction technologies is used. Borrowing the ideas of electrophysical impact on the processed raw materials made it possible to improve the technique and technology of CO<sub>2</sub>-extraction with the subsequent transfer of product control to the market. Isolation of flavonoids from plant raw materials has acquired particular relevance in recent years, due to the need to extend the shelf life of food products. The aim of the work was to develop technological modes for extracting flavonoids from plant raw materials. The paper analyzes the content of flavonoids in plant raw materials, investigates the methods of preparing raw materials for extraction, the features of extracting flavonoids from plant materials on a universal extraction module, using carbon dioxide as an extractant in various phase states. The characteristic of carbon dioxide as an extractant of valuable components of raw materials is given. The main parameters of the process of pre- and supercritical extraction, qualitative and quantitative indicators of CO<sub>2</sub>-extractive substances are presented. Regimes for the extraction of flavonoids from plant materials with supercritical carbon dioxide in the presence of a cosolvent at a pressure of 15–40.0 MPa and a temperature of 30–45 °C have been developed. A high concentration of the main component was achieved on the universal extraction module, when exposed to the extraction process of extracts of ultrasound (20–22 kHz) and low-frequency EMF (25–100 Hz). The study made it possible to increase the yield of the sum of flavonoids from the studied raw materials above the standard by 26–28 %.

**Keywords:** adaptive systems, CO<sub>2</sub>-extraction, plant raw materials, carotenoids, flavonoids, subcritical extraction, supercritical extraction, CO<sub>2</sub>-extraction modes.

## Введение

Сотрудники кафедр «Технология продуктов питания животного происхождения» и «Систем управления и технологических комплексов» КубГТУ выполняют исследование по совершенствованию извлечения ценных компонентов из сельскохозяйственного сырья сжиженными и сжатыми газами. Ключом к уникальным инновациям является рекомбинация, позволяющее вывести экстракционное предприятие в число лидеров, а сотрудникам – быстрого внедрения объектов интеллектуальной собственности. Проблема изготовления натуральных пищевых добавок с повышенным содержанием каротиноидов и флавоноидов является актуальной для пищевой и перерабатывающей промышленности страны. Совершенствование способов выделения из растительного сырья каротиноидов и флавоноидов приобрело особую актуальность в последние годы, в связи с необходимостью витаминизировать чрезвычайно рафинированную пищу и придать ей антиоксидантные свойства.

В соответствии с принятой стратегией импортозамещения, в России выполняется программа совершенствования производства натуральных пищевых добавок из отечественного растительного сырья. К наиболее высокотехнологичным пищевым добавкам относятся  $\text{CO}_2$ -экстракты, извлекаемые из растительного сырья сжиженным или сжатым диоксидом углерода. Решение проблемы изготовления натуральных пищевых добавок с повышенным содержанием каротиноидов и флавоноидов позволит выпускать обогащенные продукты повседневного питания с гарантированным содержанием антиоксидантов и провитаминов.

Современное состояние производства пищевых добавок с повышенным содержанием каротиноидов и флавоноидов базируется на применении высокотемпературных технологий сушки растительного сырья, применении экологически небезопасных растворителей для извлечения компонентов из сырья и отгонки их из продукта при высокой температуре. Известная технология получения пищевых добавок и фармацевтических препаратов с повышенным содержанием флавоноидов базируется на традиционных методах извлечения их из сырья горячей водой и водно-спиртовыми растворами. При этом значительная часть других ценных компонентов сырья безвозвратно теряется. Другим известным способом получения добавок в виде эфирных масел, является ограниченный химический состав веществ отгоняемых с водяным паром. При использовании этих способов потери БАВ составляют от 20 до 50 %. Немногочисленные отечественные и зарубежные фирмы по выпуску  $\text{CO}_2$ -экстрактов нацелены на суммарный выход экстрактивных веществ или заняты получением кофеина из кофейных зерен и никотина из табачных листьев.

Целью исследований является разработка и адаптация к условиям действующего предприятия процесса экстракции флавоноидов из растительного сырья с использованием высоких газожидкостных технологий. Для выполнения в полном объеме поставленной цели решались основные важные задачи: определение уровня отбора и подготовки каротин и флавоноидсодержащего сырья для извлечения целевых компонентов; разработка основных параметров докритической  $\text{CO}_2$ -экстракции, а также сверхкритической экстракции в присутствии сорастворителя; определение качественного и количественного состава полученных экстрактов.

При выполнении запланированных исследований использовались приборы находящиеся в Центре коллективного пользования, относящегося к Институту пищевой и перерабатывающей промышленности КубГТУ. В таблице приведены сведения о метрологическом обеспечении НИОКР.

Одной из особенностей этого способа является необходимость предварительной подготовки сырья, включая удаление влаги. Внимание отечественных ученых к работам по эффективному выделению из растительного сырья целевых компонентов свидетельствует об актуальности проблемы. В опубликованных авторами проекта статьях приведена информация о внедрении схем автоматического управления экстракционными процессами [1], приводятся примеры интенсификации процесса экстракции под воздействием электромагнитного поля низкой частоты [2]. Весомый цикл исследований выполнен по анализу особенностей экстрагирования веществ из сырья с помо-

щью докритического и флюидного диоксида углерода [3–5, 7]. Ряд авторов уделяют внимание разработке оборудования для осуществления процесса CO<sub>2</sub>-экстракции [6, 19]. Часть технических решений авторов проекта относится к объектам интеллектуальной собственности [8, 17, 18]. К обкатке свежих инновационных идей относятся публикации участников научно-педагогической школы КубГТУ «Теория и практика обработки сельскохозяйственного сырья сжиженными и сжатыми газами» [9–13]. Повышенное внимание исследователей привлекает проблема бережного извлечения флавоноидов из матрицы лекарственных растений [14]. В работах сотрудников Самарского госуниверситета приведены данные об антиоксидантной и антирадикальной активности некоторых компонентов из растительного сырья [15, 16].

**Таблица 1** – Метрологическое обеспечение этапов исследования

№ п.п.	Наименование оборудования	Фирма-изготовитель	Страна-производитель	Год выпуска	Назначение, метрологические характеристики
1	Аппарат моделирования технологических процессов (LR-2ST)	IKA	Германия	2011	Возможность регулировать в камере на 500 мл вакуум, давление и температуру
2	Прибор для спектрофотометрического анализа (UNICO-2800)	United Products&Instruments	США	2008	Определение состава антиоксидантов
3	Отечественный хроматограф Хроматэк-Кристалл 5000»	ЗАО «Хроматэк»	Россия	2010	Определение жирнокислотного состава продуктов и пестицидов
4	Хроматомасс-спектрометр (GCMS-QP2010NC Plus) (GCMS-QP2010NC Plus)	Шимадзу	Япония	2010	Определение состав органических и неорганических веществ.
5	Инфракрасный спектрометр с Фурье преобразованием (Spectrum Two)	Perkin Elmer	Англия	2011	Анализ состав пищевых продуктов, лекарств и органических соединений

Большие перспективы имеет технология суб- и сверхкритической экстракции компонентов из сельскохозяйственного сырья с использованием электромагнитного поля низкой частоты и ультразвука [20].

Обзор публикаций и патентов по тематике проекта показал перспективность выбранного научно-технического направления, относящегося к развитию высоких газожидкостных технологий управления процессами извлечения флавоноидов из растительного сырья. Биологически активные вещества, извлекаемые из растений с помощью газожидкостных технологий обладают высокой концентрацией, антиоксидантными и антирадикальными свойствами.

Новая технология отличается высокой экологичностью, так как основной экстрагент – диоксид углерода, после использования в качестве растворителя, подвергается регенерации и вновь обращается в цикл переработки, не загрязняя атмосферу.

Опытно-промышленная апробация новых технологических приемов выполнена в условиях производственного цеха ООО «НПП Плазма К» в 2019–2020 г. При финансовой поддержке «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» по программе Старт 2, на предприятии разработан и изготовлен экстракционный модуль, позволяющий проводить обработку сельскохозяйственного сырья жидким и флюидным (сверхкритическим) диоксидом углерода.

#### **Объекты и методы исследований**

Объектами исследования служили пищевые и лекарственные растения, каротиноиды и флавоноиды, выделенные из растительного сырья. При этом использовали отечественное пищевое и лекарственное сырье, соответствующее требованиям Роспотребнадзора.

Объектами исследования выбраны растительные объекты с наибольшим содержанием суммы флавоноидов: боярышник пятипестичный *Crataegus pentagyna* Waldst et Kit, виноград *Vitis vinifera* L., зверобой *Hypericum perforatum* L, календула *Caléndula officínalis*, крапива двудомная *Urtica dioica*, луковая шелуха *Allium sera*, чабрец *Thymus serpyllum* L.

Методы исследования: содержание флавоноидов в экстрактах определяли методом цианидиновой пробы, реакций с хлоридом алюминия и железа, спиртовыми растворами гидроксидов. Для подтверждения результатов исследований использовали способ тонкослойной хроматографии на пластинах Sorbfil. Количественное содержание суммы флавоноидов определяли спектральным способом на приборе СФ-204. Выполненный авторами патентно-информационный поиск позволил выявить ранее не исследованные возможности выделения в неизменном, природном состоянии группу химических соединений, относящихся к классу полифенолов растительного происхождения – флавоноидов. Они не токсичны, обладают широким диапазоном терапевтических свойств, в связи с чем постоянно находятся в поле зрения фармакологов, фармацевтов, врачей-гигиенистов и технологов пищевых предприятий.

В состав флавоноидов входит обширный класс фенольных соединений с широкой амплитудой биологических свойств. Эволюционная адекватность флавоноидов организму человека является следствием антиоксидантных, ангиопротекторных, гепатопротекторных, желчегонных и нейротропных фармакологических свойств.

Необходим системный подход к анализу обоснованных технологий получения, исследования свойств, стандартизации и безопасности флавоноидсодержащих компонентов. При подготовке статьи авторами предпринята попытка устранить пробелы в области технологии получения из растительного сырья суммы флавоноидов, объединить в единый поток систему выделения и идентификации различных классов фенольных соединений. В таблице 2 приведены структурные формулы некоторых видов флавоноидов, идентифицированные в плодах.

**Таблица 2** – Структурные формулы некоторых видов флавоноидов, присутствующих в выбранном для исследований растительном сырье

№	Соединение	Структурная формула
1	Кверцетин <b>Брутто-формула: C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub></b> Химическое название: 3,3',4',5,7-Pentahydroxyflavone; 2-(3,4-Dihydroxyphenyl) <b>Норма 17,9 мг/сут</b>	
2	Кверцитрин Quercitrin <b>Брутто-формула: C<sub>21</sub> H<sub>20</sub> O<sub>11</sub></b> Кверцитрин входит в состав красителя кверцитрона. гликозид, образованный из флавоноида кверцетина и дезоксисахара рамнозы	
3	Дигидрокверцетин 3,5,7,3',4'-пента-гидроксифлаванон <b>Брутто-формула C<sub>15</sub>H<sub>12</sub>O<sub>7</sub></b> Молекулярная масса: 304,25. Растворяется в полярных растворителях натуральный биофлавоноид, витамин из группы Р.	
4	Рутин Rutoside Кверцетин 3- О рутинозид <b>Брутто-формула: C<sub>27</sub>H<sub>30</sub>O<sub>16</sub></b> Извлекается из сырья изопропанолом и представляет собой порошок светло-желтого цвета. Растворяется в щелочных растворах	
5	Ресверотрол – транс- 3,5,4'-тригидроксистильбен <b>Брутто-формула: C<sub>14</sub>H<sub>12</sub>O<sub>3</sub></b> Белое твердое вещество, растворяется в масле и спирте	

Приведенные в таблице 2 химические соединения присутствуют во многих видах флавоноид содержащего сырья.

Известна способность ряда флавоноидов подавлять жизнедеятельность патогенных микроорганизмов.

На рисунке 1 приведена зависимость оптической плотности некоторых флавоноидов от длины волны.

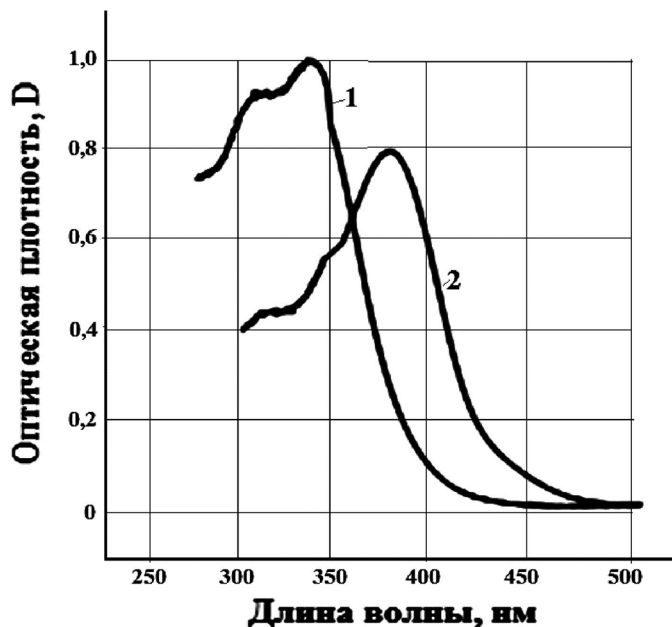


Рисунок 1 – Спектры поглощения изокверцитрина 1 и рутина 2

На рисунке 2 показаны спектры флавоноидсодержащих экстрактов.

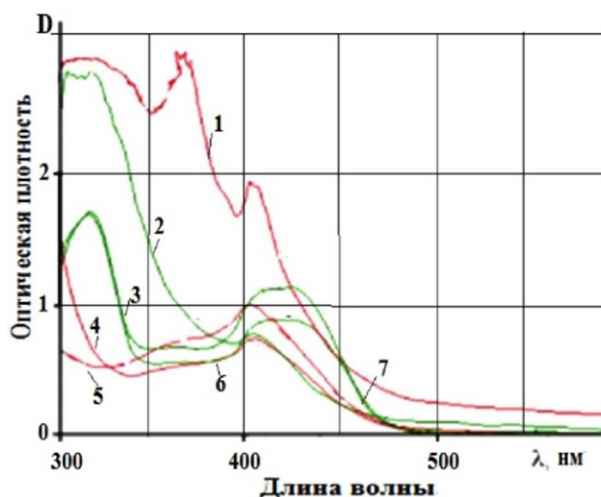


Рисунок 2 – Спектры поглощения флавоноидсодержащих экстрактов:  
1 – экстракт кожицы красного винограда, 2 – шелухи лука, 3 – плодов боярышника,  
4 – зверобоя, 5 – календулы, 6 – крапивы, 7 – чабреца

Относясь к группе сильных антиоксидантов, флавоноиды защищают клетки организма от воздействия свободных радикалов, основанном на разрыве цепочки реакций окисления. При отдаче протона, флавоноиды изменяют радикал до молекулярного продукта, а сами, в виде феноксил-радикала становятся химически не активными.

### Результаты исследования

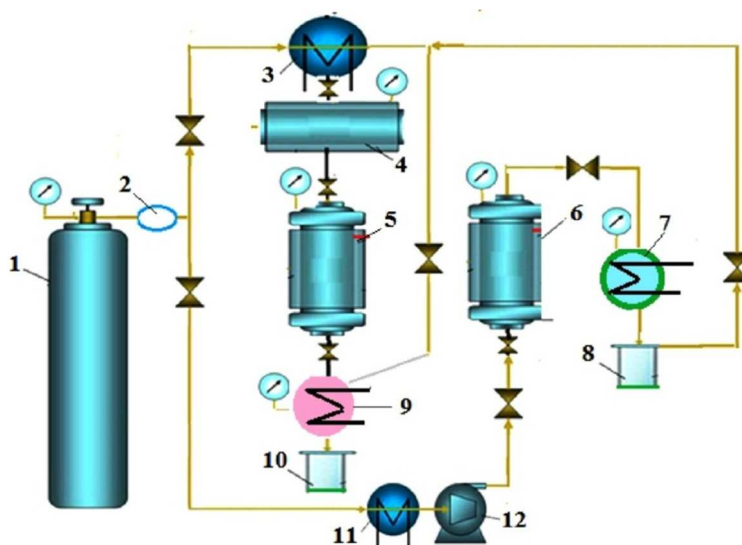
Экспериментальным путем установлено, что в боярышнике содержится витексин-2-рамнозид, гиперозид и рутин. В арсенале продуктов здорового пиания особенно

выделяется красный виноград, содержащий значительное количество антиоксидантов, дубильных веществ, органических кислот и ресвератрола. В различных частях красного винограда Мерло, кроме углеводов и органических кислот, обнаружены флавонолы в виде кверцетина, пента гидроксифлавона, кемпферола, мирицетина. В зверобое обнаружено содержание кверцетина, кверцитрина, рутина, биапигенина и изокверцитрина. В цветках календулы лекарственной обнаружен изокверцитрин, нарциссин, рутин и изорамнетин. В крапиве содержатся кверцетинпроизводные флавоноидов.

В шелухе лука содержится кверцитин и другие флавоноиды, антиоксиданты, каротиноиды, фитонциды.

В дальнейшей работе использовали возможности системного анализа для управления процессом получения флавоноидов.

При переходе на извлечение ценных компонентов из растительного сырья в сверхкритическом режиме появляется возможность извлекать из сырья большее количество экстрактивных веществ. На рисунке 3 приведена схема для сверхкритического экстрагирования флавоноидсодержащих компонентов из сырья.



**Рисунок 3** – Схема установки для сверхкритического экстрагирования веществ из растительного сырья: 1 – баллон с CO<sub>2</sub>, 2 – редуктор; 3, 7, 9, 11 – теплообменники, 4 – конденсатор, 5 – докритический экстрактор, 6 – сверхкритический экстрактор, 8, 10 – сборники экстракта, 12 – насос высокого давления

Процессы до- и сверхкритической экстракции используются для получения ценных компонентов из пряно-ароматического сырья. Главным преимуществом CO<sub>2</sub>-экстракции является возможность эффективно разделять жидкие гомогенные смеси.

В таблице 3 приведены результаты статистической обработки содержания флавоноидов.

**Таблица 3** – Результаты статистической обработки содержания флавоноидов в экстрактах (n = 3, p = 0,95)

Вид сырья	Содержание ФЛ в пересчете на рутин, мкг/мл X <sub>ср</sub> ± ΔX	Содержание ФЛ в пересчете на кверцетин, мкг/мл X <sub>ср</sub> ± ΔX	S <sub>r</sub>	Δx/x <sub>ср</sub> %	Содержание флавоноидов в сырье, %
Боярышник	71,1±3,1	–	0,003	3	
Виноград, кожица	112±5,1	31,3±2,6	0,014	5	
Зверобой	77,2±3,2	–	0,004	4	
Календула	68,4±2,4	–	0,008	2	
Крапива	54,6±2,1	–	0,007	2	
Лук, шелуха	90,2±4,3	28,2±0,4	0,016	5	2,7
Чабрец	63,5±2,9	–	0,004	1	

Полученные экстракты отвечают требованиям безопасности ТР ТС. Для гарантированного выпуска высококачественных экстрактов поставлена задача усовершенствовать производственно-техническую базу экстракционного предприятия.

К результатам исследования относится возможность достижения и поддержания конкурентных преимуществ в качественном составе флавоноид и каротинсодержащих экстрактов, полученных на универсальной экстракционной установке.

Внедрение комплекса инновационных предложений потребовало от обслуживающего персонала профессиональных знаний и навыков.

### Выводы

Проанализирована работа адаптивного экстракционного предприятия, сконцентрированное на повышении выхода флавоноидов из сырья за счет оригинальных инноваций на универсальном экстракционном модуле, при воздействии на процесс извлечения экстрактов ультразвука (20–22 кГц) и ЭМП низкой частоты (25–100 Гц), достигнута высокая концентрация основного компонента. Выполненное исследование позволило повысить выход суммы флавоноидов на 24–26 %, по сравнению с традиционными способами получения экстрактов. Установлена продолжительность срока хранения CO<sub>2</sub>-экстрактов до 5 лет, по сравнению с двумя годами по существующему ТУ. Предложен инновационный способ препаративного получения нативных экстрактов флавоноидов путем ступенчатого повышения давления и температуры в экстракторе и использования соразтворителя. Выход CO<sub>2</sub>-экстрактов из воздушно-сухого сырья составил от 1,3 до 30 %, плотность полученных экстрактов находилась в пределах от 0,8500 до 1,1200.

Внедрение результатов данных исследований будет способствовать успешной реализации Стратегии здорового питания населения Российской Федерации на период до 2025 года, одним из главных приоритетов которой является разработка новых конкурентоспособных импортозамещающих натуральных пищевых добавок из отечественного растительного сырья.

### Литература

1. Занин Д.Е. Схемы автоматизированного управления процессом CO<sub>2</sub>-экстракции // В сб. матер. междун. научно-практ. конф. «Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья; импортоопережение». – Краснодар : КубГТУ, 2016. – С. 117–121.
2. Занин Д.Е., Бахмет М.П., Мякинникова Е.И. Переработка пищевого сырья с применением энергии электромагнитных полей // В сб. матер. междун. научно-технич. конф. «Современные научные исследования и инновации в области применения суб-и сверхкритических технологий», 2014. – С. 38–40.
3. Занин Д.Е., Касьянов Д.Г. Интенсификация способа экстракции каротиноидов // В сборнике материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции «Повышение качества и безопасности пищевых продуктов». – 2018. – С. 155–157.
4. Занин Д.Е., Касьянов Д.Г. Исследование технологических режимов извлечения каротиноидов из растительного сырья // В сборнике материалов международной научно-практической конференции «Инновации в индустрии питания и сервисе». Электронный сборник материалов III Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 243–246.
5. Занин Д.Е., Касьянов Д.Г. Разработка технологии и оборудования для производства экстрактов с высокой концентрацией БАВ // В сборнике материалов международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и безопасность пищевых продуктов». – Краснодар : КубГТУ, 2018. – С. 135–140.
6. Занин Д.Е., Касьянов Д.Г. Разработка универсальной установки для экстрагирования БАВ в до и сверхкритическом режимах // В сборнике материалов международной научно-практической конференции «Технологические особенности производства и применения CO<sub>2</sub>-экстрактов из растительного сырья». – Краснодар : КубГТУ, 2018. – С. 128–130.
7. Занин Д.Е., Марченко Л.А. Препаративная субкритическая и флюидная CO<sub>2</sub>-экстракция // В сб. матер. междун. научно-практ. конф. «Инновационные технологии, оборудование и добавки для переработки сырья животного происхождения». – Краснодар, 2018. – С. 26–28.

8. Заявка на изобретение № 2019100143/10 Установка для экстракции растительного сырья. Авторы Занин Д.Е., Касьянов Д.Г. Заявлено 09.01.2019. Заявитель ООО «НПП Плазма К».
9. Иночкина Е.В. Повышение эффективности управления экстракционным предприятием // В сб. матер. междуна. научно-практ. конф. «Инновационные технологии, оборудование и добавки для переработки сырья животного происхождения». – Краснодар : КубГТУ, 2018. – С. 38–41.
10. Иночкина Е.В., Усатилов С.В., Касьянов Г.И. Модель процесса с кусочно-постоянными экстремалами для минимизации потерь витаминов при сушке бахчевых культур // Вестник ВГУИТ, 2017. – Т. 79. – № 2. – С. 37–45.
11. Иночкина Е.В., Усатилов С.В., Касьянов Г.И. Программа для построения регрессионной модели процесса комбинированной CO<sub>2</sub>-сверхкритической и вакуумной СВЧ-сушки бахчевых культур // КубГТУ, св-во о госуд. регистрации № 2018618148, опубликовано 10.07.2018.
12. Касьянов Г.И., Мишкевич Э.Ю. Особенности экстракции ценных компонентов из эфиромасличного сырья сжиженным и сжатым диоксидом углерода // Научные труды КубГТУ, 2019. – № 1. – 8 с.
13. Препаративное CO<sub>2</sub>-экстрагирование компонентов из растительного сырья / Г.И. Касьянов [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2016. – № 1. – С. 42–46.
14. Ломачко Е.В. Экстракция флавоноидов из лекарственного растительного сырья водными растворами поверхностно-активных веществ // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: сб. ст. по мат. XV междунар. студ. науч.-практ. конф. – № 1 (15). – URL : [http://sibac.info/archive/nature/1\(15\)](http://sibac.info/archive/nature/1(15)).
15. Макарова Н.В., Валиулина Д.Ф., Кирюшина В.А. Исследование содержания фенолов, флавоноидов, антиоксидантной силы и антирадикальной активности листьев шалфея рода *salvia tesquicola* (семейства яснотковые) // Химия растительного сырья. – 2020. – № 1. – С. 125–131.
16. Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф., Еремеева Н.Б. Влияние технологии экстрагирования на содержание фенолов, флавоноидов и уровень антиоксидантной активности для плодов шиповника (*Rosa l.*), коры дуба (*Quercus robur l.*), корня ревеня (*Rheum officinale*), корня женьшеня (*Panax l.*), почек березы (*Betula l.*) // Химия растительного сырья. – 2020. – № 3. – С. 271–278.
17. Патент РФ № 2563991 Синергические комбинации каротиноидов и полифенолов / З. Моррис, Л. Рахель, П. Эстер, Ш. Йоав, Л. Иосеф. Заявка № 2011134652/15. Заявлено 19.01.2010, опубликовано 27.09.2015. Бюл. № 27.
18. Патент РФ на полезную модель № 160667 МПК В 01 D 11/00 Экстрактор для извлечения биологически активных компонентов из растительного сырья. Авторы: Занин Д.Е., Касьянов Д.Г., Метельская Е.А. 2015135817/05, 24.08.2015 Опубликовано: 27.03.2016 Бюл. № 9.
19. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021613279. Программа для поиска и анализа технологических режимов при производстве продуктов из животного сырья / Запорожский А.А., Касьянов Д.Г., Бородихин А.С., Мишкевич Э.Ю., Медведев А.М. Заявка № 2021612198, заявлено 25.02.2021, опубликовано 04.03.2021
20. Яралиева З.А., Касьянов Д.Г. Суб и сверхкритическая экстракция компонентов из сырья с использованием электромагнитного поля низкой частоты и ультразвука // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2021. – № 1 (66). – С. 23–28.

## References

1. Zanin D.E. Schemes of automated control of CO<sub>2</sub>-extraction process // In the collection of articles of the International Scientific-Practical Conference «Sustainable development, environmentally safe technologies and equipment for processing of food agricultural raw materials; import-optimization». – Krasnodar : KubGTU, 2016. – P. 117–121.
2. Zanin D.E., Bakhmet M.P., Myakinnikova E.I. Processing of food raw materials using the energy of electromagnetic fields // In the Proceedings of the International Scientific and Technical Conf. «Modern scientific research and innovation in the application of sub- and supercritical technologies», 2014. – P. 38–40.
3. Zanin D.E., Kasyanov D.G. Intensification of carotenoid extraction method // In the Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference «Improving the quality and safety of food». – 2018. – P. 155–157.
4. Zanin D.E., Kasyanov D.G. The study of technological modes of extraction of carotenoids from vegetable raw materials // In the Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Innovations in the food industry and service». Electronic collection of materials of the III International scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of «Kuban State Technological University». – 2018. – P. 243–246.



5. Zanin D.E., Kasyanov D.G. Development of technology and equipment for the production of extracts with a high concentration of BAS // In the Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Innovative technologies and food safety». – Krasnodar : KubGTU, 2018. – P. 135–140.
6. Zanin D.E., Kasyanov D.G. Development of a universal unit for the extraction of BAS in subcritical and supercritical modes // In the Proceedings of the international scientific conference «Technological features of the production and application of CO<sub>2</sub>-extracts from vegetable raw materials». – Krasnodar : KubGTU, 2018. – P. 128–130.
7. Zanin D.E., Marchenko L.A. Preparative subcritical and fluid CO<sub>2</sub>-extraction // In the collection of the proceedings of the international scientific and practical conference «Innovative technologies, equipment and additives for the processing of raw materials of animal origin». – Krasnodar, 2018. – P. 26–28.
8. Application for invention № 2019100143/10 Installation for extraction of vegetable raw materials. Authors Zanin D.E., Kasyanov D.G. Applied 09.01.2019. Applicant LLC «NPP Plasma K».
9. Inochkina E.V. Increasing the efficiency of extraction enterprise management // In the collection of articles of the International Scientific-Practical Conference «Innovative technologies, equipment and additives for processing raw materials of animal origin». – Krasnodar : KubGTU, 2018. – P. 38–41.
10. Inochkina E.V., Usatkov S.V., Kasyanov G.I. Process model with piecewise constant extremes to minimize vitamin losses during drying of melon crops // Vestnik VSUIT, 2017. – Vol. 79. – № 2. – P. 37–45.
11. Inochkina E.V., Usatkov S.V., Kasyanov G.I. Program for constructing a regression model of the process of combined CO<sub>2</sub>-supercritical and vacuum microwave drying of melon crops // KubGTU, certificate of state registration № 2018618148, published 10.07.2018.
12. Kasyanov G.I., Mishkevich E.Yu. Features of extraction of valuable components from essential oil raw materials with liquefied and compressed carbon dioxide // Scientific Proceedings of KUBGTU, 2019. – № 1. – 8 p.
13. Preparative CO<sub>2</sub>-extraction of components from vegetable raw materials / G.I. Kasyanov [et al.] // Izvestiya vuzov. Food technology. – 2016. – № 1. – P. 42–46.
14. Lomako E.V. Extraction of flavonoids from medicinal plant raw materials with aqueous solutions of surfactants // Scientific community of students of the XXI century. Natural Sciences: collected articles on Mat. XV International Student Scientific and Practical Conf. – URL : [http://sibac.info/archive/nature/1\(15\)](http://sibac.info/archive/nature/1(15)).
15. Makarova N.V., Valiulina D.F., Kiryushina V.A. Study of phenols, flavonoids, antioxidant power and anti-radical activity of leaves of sage genus salvia tesquicola (family clematis) // Chemistry of vegetable raw materials. – 2020. – № 1. – P. 125–131.
16. Makarova N.V., Ignatova D.F., Ereneyeva N.B. Effect of extraction technology on the content of phenols, flavonoids and the level of antioxidant activity for the fruit of rose hips (*Rosa l.*), oak bark (*Quercus robur l.*), rhubarb root (*Rheum officinale*), ginseng root (*Panax l.*), birch buds (*Betula l.*) // Chemistry of plant raw materials. – 2020. – № 3. – P. 271–278.
17. Patent of Russian Federation № 2563991 Synergistic combinations of carotenoids and polyphenols / Z. Morris, L. Rachel, P. Ester, S. Yoav, L. Iosef. Application № 2011134652/15. Application 19.01.2010, published 27.09.2015. Bulletin № 27.
18. Patent of the Russian Federation for a useful model № 160667 IPC B 01 D 11/00 Extractor for extraction of biologically active components from plant raw materials. Authors: Zanin D.E., Kasyanov D.G., Metelskaya E.A. 2015135817/05, 24.08.2015 Published: 27.03.2016 Bulletin № 9.
19. Registration certificate for computer program No. 2021613279. Program for search and analysis of technological modes of production of products from animal raw materials / Zaporozhsky A.A., Kasyanov D.G., Borodikhin A.S., Mishkevich E.Yu., Medvedev A.M. Application № 2021612198, filed 25.02.2021, published 04.03.2021
20. Yarialieva Z.A., Kasyanov D.G. Sub and supercritical extraction of components from raw materials using low frequency electromagnetic field and ultrasound // Technology and merchandising of innovative food products. – 2021. – № 1 (66). – P. 23–28.

УДК 656.073

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ  
ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**



**MODERN APPROACHES TO IMPROVING  
FREIGHT FORWARDING ACTIVITIES**

**Коновалова Т.В.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Надирян С.Л.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Шепелева М.Д.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Запрягаева В.В.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные подходы к совершенствованию транспортно-экспедиционной деятельности. Транспортно-экспедиционные компании представляют собой мощный ресурс организации и регулирования процессов товародвижения продукции и услуг транспортно-логистических систем. Методы ведения транспортно-экспедиционного бизнеса быстро меняются с течением времени, что имеет первостепенное значение в условиях современного рынка.

**Ключевые слова:** автомобильные транспорт, транспортно-пересадочные узлы, перевозка, транспортировка, транспортно-экспедиционная деятельность.

**Konovalova T.V.**

Kuban State Technological University

**Nadiryan S.L.**

Kuban State Technological University

**Shepeleva M.D.**

Kuban State Technological University

**Zapryagaeva V.V.**

Kuban State Technological University

**Annotation.** The article considers modern approaches to the improvement of freight forwarding activities. Freight forwarding companies are a powerful resource for organizing and regulating the processes of commodity movement of products and services of transport and logistics systems. The methods of conducting the freight forwarding business are changing rapidly over time, which is of paramount importance in today's market conditions.

**Keywords:** road transport, transport and transfer hubs, transportation, transportation, transport and forwarding activities.

**Т**ранспортно-экспедиционные компании представляют собой мощный ресурс организации и регулирования процессов товародвижения продукции и услуг транспортно-логистических систем. Оказывая услуги по перевозке, консолидации, хранению, обработке, упаковке или распределению грузов, а также вспомогательные и консультативные услуги, включая таможенные и финансовые вопросы, ТЭП приобретают особый статус - центров товародвижения [1, 2].

Методы ведения транспортно-экспедиционного бизнеса быстро меняются с течением времени, что имеет первостепенное значение в условиях современного рынка. Далее в таблице 1 представлены факторы, влияющие на развитие ТЭД.

Рынок транспортно-экспедиционных услуг сильно подвержен влиянию со стороны внешней среды. Новые реалии рыночных отношений потребовали от российской экономики качественного изменения транспортной инфраструктуры. Произошли процессы, которые в корне изменили логистические системы практически любого уровня. Резко увеличилось число хозяйствующих субъектов, зачастую удаленных друг от друга на значительные расстояния. Изменились направления грузопотоков, структура международных и внутренних перевозок по характеру перевозимых грузов, используемым видам транспорта, по соотношению экспорт / импорт [3, 4].

На конъюнктуру транспортно-экспедиционного рынка влияют политические отношения между странами, через которые проходит транзит, а также таможенные, пограничные барьеры той или иной страны. Оказывает свое влияние и климат (определяет востребованность рефрижераторного подвижного состава) и географическое рас-

положение региона (расположение относительно морских портов, аэропортов, железнодорожных магистралей и прочее). Нельзя не отметить и влияние процессов, происходящих в мировой экономике таких как, глобализация, рост численности населения, глобальное территориальное распределение труда, формирование новых экономических центров [5, 6].

Таблица 1 – Факторы, влияющие на развитие ТЭД

Факторы, влияющие на развитие ТЭД	
Внешние	
Прямого воздействия	Косвенного воздействия
Действующее гражданское законодательство; Налоговая политика; Финансово кредитная политика; Уровень и темпы инфляции; Конкуренция; Меры государственного регулирования транспортной деятельности; Непредвиденность действия органов государственной власти и местного самоуправления.	Политическая обстановка; Общая экономическая ситуация; Демографическая ситуация; Развитие науки и техники; Международные события; Стихийные бедствия; Уровень доходов населения.
Внутренние	
Цели, стратегия предприятия; Организация маркетинга; Обеспечение конкурентоспособности услуг; Уровень затрат; Воспроизводство основных и оборотных фондов; Дополнительные услуги; Состояние производственно-технической базы; Эффективность использования ресурсов; Эффективность менеджмента; Виды, источники, достоверность информации.	

Развитие экономики приводит к необходимости переосмысления большинства аспектов рыночной деятельности и выявления путей повышения конкурентоспособности предприятий.

За рубежом доходы от транспортных операций составляют около 40 % от транспортной деятельности, остальное приходится на экспедиционные операции, хранение и переработку грузов. В России доходы от экспедиционной деятельности не превышают 3–4 %.

Одним из направлений развития транспорта в России, является изменение структуры парка транспортных средств и флота. На автомобильном транспорте - это проявляется в форме увеличения в грузовом парке доли автопоездов большой грузоподъемности, расширения спектра специализированных полуприцепов, для обеспечения растущего спроса на междугородние и международные перевозки; увеличение количества специализированных грузовых шасси, в том числе, оснащенных средствами самопогрузки и набором сменных кузовов для обслуживания сферы розничной торговли, малого бизнеса, фермерских хозяйств, коммунальной сферы [7, 8].

Основным направлением совершенствования транспортных технологий в сфере грузодвижения является интеграция производственных и транспортных процессов на основе принципов транспортной логистики.

Создание мультимодальных логистических центров, на рынке транспортных услуг, способствует комплексной информатизации транспортного процесса.

Не вызывает сомнений, что повышение качества транспортных услуг, эффективности и безопасности транспортного процесса обеспечивает применение современных информационных и телекоммуникационных технологий. В настоящее время в этом направлении предпринимаются следующие шаги:

- развитие информационных и телекоммуникационных технологий, сближение информационных стандартов различных видов транспорта, обеспечение взаимодействия и интеграции их информационных систем в направлении формирования единого информационного пространства;

- комплексное решение задач по улучшению и оптимизации обеспечения информационной безопасности управления транспортным процессом, навигации, связи с транспортными средствами, инструментального контроля положения транспортных средств на основе широкого применения современных высокоточных средств спутниковой навигации и связи, прежде всего – на базе единой системы навигационно-временного обеспечения Российской Федерации (в частности системы ГЛОНАСС), а также посредством топографо-геодезического и картографического обеспечения;

- совершенствование системы информационных технологий и стандартов, применяемых на транспорте, с учетом процессов международной интеграции;

- развитие системы электронного документооборота;

- развитие прямого взаимодействия информационных систем транспортных операторов и грузовладельцев для реализации логистических транспортных технологий.

В условиях социально-экономических преобразований значимость автомобильного транспорта в транспортной системе страны постоянно возрастает. Развитие рынков товаров и услуг, малого и среднего бизнеса объективно расширяет сферу применения грузового автомобильного транспорта, что обусловлено его высокой адаптивностью к рыночным условиям. Широкое освещение в научных трудах получили проблемы организации управления предприятием, направленные на снижение всех видов издержек, связанных с осуществлением автотранспортной деятельности. Развита теоретико-методологическая база, аргументировано применение процессного подхода в управлении предприятием. В частности, в работе Черепанова Д.С. «Организация управления предприятием, осуществляющим экспедирование грузов и агентирование морских судов» дано целостное обоснование процесса оказания комплексной транспортной услуги как услуги, включающей экспедирование груза и агентирование морских судов в портах РФ в процессе движения товара.

Модифицирован метод ABC для ранжирования этапов предоставления транспортным предприятием комплексной транспортной услуги по критериям времени и удельных расходов [8, 9].

Большой интерес вызывает решение вопросов технологического функционирования ТЭП: разработанные методики решения задач выбора схемы перевозочного процесса, в условиях многокритериальности и неопределенности; методы оперативного планирования грузовых перевозок; методики долгосрочного прогноза технико-эксплуатационных показателей, для оценки провозных возможностей автотранспортных предприятий (далее АТП). Государство, в свою очередь, поддерживает идею совершенствования перевозочных технологий, выделяя приоритеты развития автомобильного транспорта, как важной составляющей транспортной системы страны. Создание:

- системы грузовых автотранспортных терминалов и транспортно-логистических центров, в том числе - в составе мультимодальных распределительных комплексов и транспортных узлов;

- крупных транспортно-экспедиторских компаний, специализирующихся на доставке грузов в междугородном сообщении на основе применения терминальных технологий;

- условий для оптимального взаимодействия автомобильного транспорта с другими видами транспорта, в том числе, на основе применения контейнерных и контейнерных технологий;

- информационных систем для обеспечения попутной и обратной загрузки автотранспорта;

- систем централизованного автотранспортного обслуживания крупных грузообразующих объектов;

- реализация комплекса мер для концентрации грузовых и пассажирских потоков в пределах транспортных коридоров как необходимого условия повышения эффективности перевозок;

- совершенствование системы информационного обмена, учета и документооборота на основе использования международных стандартов и нормативов;
- реализация комплекса мер по увеличению производства специализированного подвижного состава для перевозки контейнеров;
- развитие информационного и телекоммуникационного обеспечения автомобильных перевозок, в том числе с использованием спутниковых систем;

В результате реализации данных мероприятий будет складываться эффективно функционирующий и развивающийся автотранспортный комплекс, удовлетворяющий потребности населения и экономики в перевозках, способствующий интеграции России в мировую экономику.

Эффективность автотранспортной сферы деятельности значительно повышается по мере развития информационных технологий и средств коммуникации, поскольку, во-первых, сам бизнес транспортно-экспедиционных компаний базируется на эффективном использовании информации; во-вторых, товародвижение (с позиций управленческой логики)

- это реализация, планирование и контроль над материальными и финансовыми потоками.

Создание логистической системы позволит значительно сократить время передачи грузовых единиц с одного вида транспорта на другой, рационально использовать существующие и проектируемые мощности инфраструктуры всех видов транспорта, расширить перечень услуг, оказываемых при транспортировке грузов из одного региона или города в другой. Кроме того, ускорится процесс расчетов за перевозки и дополнительные услуги, сократятся расходы на развитие электронного документооборота на каждом виде транспорта в отдельности, уменьшатся временные и другие затраты, связанные с обработкой бумажной документации. За счет предварительного предоставления перевозочных документов на грузы и ускорения документооборота на пограничных станциях сократится время таможенных, сертификационных и других процедур, а качество предоставляемых услуг достигнет международного уровня. В результате повысится конкурентоспособность российской транспортной системы и доходность транспортного комплекса России в целом.

## Литература

1. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения. учебное пособие. – Краснодар, 2018.
2. Анализ работы транспортных систем. учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
3. Сенин И.С., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Особенности разработки проектов организации дорожного движения по маршруту перевозки крупногабаритных грузов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2017. – Т. 1. – С. 65–70.
4. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
5. Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края) / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 1 (47). – С. 109–116.
6. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // В сборнике: Материалы IV Международной научно-практической конференции в рамках четвертого Международного научного форума Донецкой народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – 2018. – С. 226–230.
7. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
8. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Миронова М.П. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах //

Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.

9. Снижение плотности грузовых транспортных потоков автодорог юга России / Е.А. Лебедев [и др.] // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 313–319.

### References

1. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryan S.L. Ways to assess the effectiveness of road traffic management. training manual. – Krasnodar, 2018.
2. Analysis of the work of transport systems. training manual / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
3. Senin I.S., Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Features of the development of projects for the organization of road traffic along the route of transportation of large-sized cargo // Modernization and scientific research in the transport sector. – 2017. – Vol. 1. – P. 65–70.
4. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
5. Features of economic forecasting of passenger flows (on the example of the Krasnodar Territory) / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 1 (47). – P. 109–116.
6. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Materials of the IV International Scientific and Practical conference within the framework of the Fourth International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructure and socio-economic development». – 2018. – P. 226–230.
7. Influence of economic indicators of the region on the work of road transport / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 5 (51). – P. 165–171.
8. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Mironova M.P. Improving methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
9. Reducing the density of freight traffic flows of highways in the South of Russia / E.A. Lebedev [et al.] // In the collection: Logistics: current trends in development. Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 313–319.

УДК 656.073

## ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ



## FEATURES OF TERRITORIAL AND TRANSPORT PLANNING OF DEVELOPING URBAN AREAS

**Коновалова Т.В.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Надирян С.Л.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Шепелева М.Д.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Запрягаева В.В.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы особенности территориально - транспортного планирования развивающихся территорий городов. Территориально-транспортное планирование – относительно новое понятие, используемое для обозначения деятельности по планированию развития транспортного каркаса территорий муниципальных образований и регионов. Данный вид планирования, по узкому представлению, является частью градостроительной деятельности и деятельности по территориальному планированию.

**Ключевые слова:** автомобильные транспорт, территориально-транспортное планирование, перевозка, градостроительная деятельность.

**Konovalova T.V.**

Kuban State Technological University

**Nadiryan S.L.**

Kuban State Technological University

**Shepeleva M.D.**

Kuban State Technological University

**Zapryagaeva V.V.**

Kuban State Technological University

**Annotation.** The article deals with the features of territorial and transport planning of developing urban areas. Territorial and transport planning is a relatively new concept used to refer to the activity of planning the development of the transport framework of the territories of municipalities and regions. This type of planning, according to a narrow view, is part of urban planning and territorial planning activities.

**Keywords:** road transport, territorial and transport planning, transportation, urban planning.

**Т**ерриториально-транспортное планирование – относительно новое понятие, используемое для обозначения деятельности по планированию развития транспортного каркаса территорий муниципальных образований и регионов. Данный вид планирования, по узкому представлению, является частью градостроительной деятельности и деятельности по территориальному планированию. Элементы стратегического планирования показаны на рисунке 1.

Основная задача территориально-транспортного планирования – обеспечение взаимодействия субъектов транспортной инфраструктуры и согласованного распределения ресурсов (финансовых, территориальных, материальных, организационных), направляемых на совершенствование территориальной транспортной системы (ТТС) в целях реализации заданной стратегии социально-экономического развития территории [1–2].

Выявление направлений развития транспортной системы города ведется в целях обеспечения объективно обусловленных потребностей в перемещении грузов и населения по территории города. Транспортное планирование города ведется в неотъемлемой связи с планированием территорий.

Задачи транспортного планирования решаются непосредственно после планирования территорий города. Транспортное планирование основывается на положениях Генплана города и может осуществляться по двум направлениям.

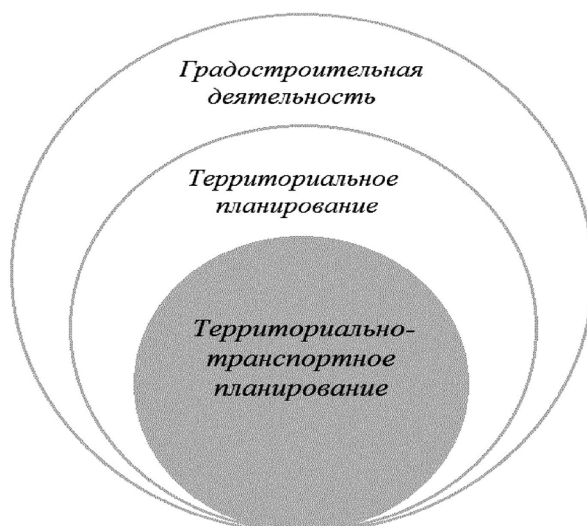


Рисунок 1 – Элементы стратегического планирования

Первое направление – детализация генерального плана. Представляет собой разработку документации в развитие генерального плана. Это направление включает в себя следующие этапы:

- разработка генерального плана (ГП). Разработка генерального плана, может быть поручена как местным проектным организациям, так и привлеченным сторонним ведущим проектным институтам и организациям.

- разработка комплексной транспортной схемы (КТС). Разработка комплексной транспортной схемы должна проводиться в развитие положений генерального плана как детализация положений по развитию транспортной системы города. Разработка комплексной транспортной схемы ведется с максимальным привлечением местных проектных, исследовательских организаций на этапе сбора, обработки и анализа исходной информации. При подготовке технического задания на разработку КТС значительный объем работ и ресурсов (до 50 %) следует резервировать на сопровождение процесса реализации комплексной транспортной схемы со стороны ее разработчика [3–4].

Необходимые объемы работ должны включать мероприятия по разработке программ реализации комплексной транспортной схемы, а также мероприятия по мониторингу реализации положений КТС.

- разработка комплексных схем организации дорожного движения (КСОДД). Разработка комплексных схем организации дорожного движения должна вестись в соответствии с положениями генерального плана и комплексной транспортной схемы по развитию дорожно-транспортного комплекса. Кроме того, разработка КСОДД может выступать в качестве самостоятельного инструмента повышения эффективности и безопасности дорожного движения на существующей УДС при среднесрочном планировании.

- разработка проектов организации движения (ПОД). Разработка проектов организации движения ведется в составе разработки как градостроительной документации (проектов планировок территорий и элементов УДС), так и при разработке документации на строительство, реконструкцию отдельных элементов сети, предпроектных предложений, обоснования инвестиций. Кроме того, проекты организации движения выполняются на стадии технико-экономического обоснования, при разработке рабочего проекта строительства и реконструкции.

Для определения приоритетов в транспортном развитии городских территорий, а также отдельных элементов УДС города предусматривается городское зонирование и классификация элементов УДС.

Для целей рационального транспортного планирования, постановки и решения вопросов повышения эффективности существующей УДС, оптимизации сети ГПТ общего пользования на территории используется зонирование территории.

Зонирование территории по транспортным районам осуществляется с целью определения транспортных потребностей населения в перемещениях людей и грузов.



Зонирование используется при изучении транспортного спроса в зависимости от сложившегося и перспективного расселения людей, центров генерации и потребления материальных и людских потоков.

Зонирование территории по географическому признаку осуществляется с целью назначения приоритетов участкам УДС на отдельных городских территориях. Используется для классификации участков УДС при решении вопросов организации дорожного движения, строительстве и реконструкции элементов УДС. Необходимо для формирования долгосрочных программ развития УДС.

Территория города поделена на зоны. Все зоны группируются в 4 видовых типах.

Видовые типы групп:

- зона А: «Центральное городское ядро»;
- зона Б: «Центральный планировочный район»;
- зона В: жилые зоны;
- зона Г: периферийные территории.

Зонирование используется при разработке справедливых принципов оплаты услуг общественного пассажирского транспорта. Необходимо для установления тарифов на проезд в общественном транспорте.

Классификация элементов УДС города необходима при решении вопросов организации движения на отдельных участках УДС, а также при разработке проектов планировки элементов УДС, жилых районов, застройки примагистральных территорий. Предложенную классификацию элементов УДС предусматривается учитывать на этапе подготовки технического задания на проектные работы, а также при выдаче градостроительных планов земельных участков прилегающих (примагистральных) территорий [4–5].

Классификация участков УДС производится с целью определения их транспортного назначения в составе УДС города.

Базовая классификация всех участков УДС принимается в соответствии с классификацией по СП 42.13330.2011 2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». В развитии классификации улиц и дорог для городов предусматривается введение дополнительного классификационного признака (интегральный критерий) – уровень обслуживания (УО).

Значение показателя УО представляет баланс целевого назначения участка сети – «обслуживание движения – обслуживание доступа».

Для каждого участка УДС города в дополнение к классификационному признаку СП 42.13330.2011 2011 предусматривается назначение перспективного показателя УО в баллах от 1 до 4.

Согласно СП 42.13330.2011 2011 участкам УДС дается планировочная характеристика, которая классифицирует участок УДС как транспортную связь в разрезе всей УДС с точки зрения рационального планирования и развития территорий города [6–7].

Параметр уровня обслуживания определяет транспортную характеристику, определяющую условия движения на участке УДС и регламентирующую меры воздействия на изменения условий движения при помощи конструктивных мер и средств организации движения.

Участки улиц предусматривается дифференцировать по назначению и транспортным характеристикам для каждой географической зоны в соответствии с рекомендуемыми значениями показателя уровня обслуживания. Дифференцирование участков улиц показано в таблице 1.

Таблица 1 – Дифференцирование УДС

Зона	Участки УДС	Уровень обслуживания
1	2	3
А	все	3,4
Б	все	2,3,4
В	все	1,2,3
Г	все	1,2

Показатель УО в баллах:

– 1 участок УДС с максимальным уровнем обслуживания, с ограничением доступа к территориям.

Основная функция – транзитное движение, высокая интенсивность движения, большое количество грузовых автомобилей, дальние поездки всех видов транспорта. Доступ к прилегающим территориям ограничен. Парковка автомобилей запрещается. Остановки безрельсового транспорта – только на специальных полосах.

– 2 участок УДС с приоритетом уровня обслуживания перед доступом к территориям.

– 3 участок УДС с приоритетом доступа к территориям перед уровнем обслуживания.

Сочетаются функции транзитного движения и функции обслуживания прилегающих территорий, разделение в пространстве и времени пользователей улиц (легковые автомобили и общественный транспорт, пешеходы и велосипедисты).

– 4 участок УДС с максимальным доступом к территориям, с низким уровнем обслуживания.

Основная функция – обслуживание прилегающих территорий. Большое количество общественного транспорта и пешеходного движения. Ограничение транзитного движения, приоритет местных интересов. Значительное количество пешеходных переходов. Разрешены стоянки у края проезжей части.

Примагистральными территориями называются территории, граничащие с участками УДС с присвоенными показателями УО 1 или 2.

Для участков УДС с УО 1 и 4 меры достижения целей соответствующего уровня обслуживания могут являться целью реконструкции участка УДС.

Участки УДС с присвоенным уровнем обслуживания 1 или 4 балла требуют перманентных воздействий на всех этапах жизненного цикла данной улицы или дороги (или их участка).

Для участков УДС с УО 2 и 3 меры достижения целей соответствующего уровня обслуживания не являются целью реконструкции. Соответствующий уровень обслуживания достигается на этапе проведения общей реконструкции участка УДС [8–9].

## Литература

1. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения. учебное пособие. – Краснодар, 2018.
2. Анализ работы транспортных систем. учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
3. Сенин И.С., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Особенности разработки проектов организации дорожного движения по маршруту перевозки крупногабаритных грузов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2017. – Т. 1. – С. 65–70.
4. Анализ текущего состояния транспортной-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
5. Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края) / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 1 (47). – С. 109–116.
6. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / Т.В. Kоnovalova [et al.] // В сборнике: Материалы IV Международной научно-практической конференции в рамках четвертого Международного научного форума Донецкой народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – 2018. – С. 226–230.
7. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
8. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Миронова М.П. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических систе-

мах // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.

9. Снижение плотности грузовых транспортных потоков автодорог юга России / Е.А. Лебедев [и др.] // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 313–319.

### References

1. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryana S.L. Ways to assess the effectiveness of road traffic management. training manual. – Krasnodar, 2018.
2. Analysis of the work of transport systems. training manual / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
3. Senin I.S., Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Features of the development of projects for the organization of road traffic along the route of transportation of large-sized cargo // Modernization and scientific research in the transport sector. – 2017. – Vol. 1. – P. 65–70.
4. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
5. Features of economic forecasting of passenger flows (on the example of the Krasnodar Territory) / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 1 (47). – P. 109–116.
6. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Materials of the IV International Scientific and Practical conference within the framework of the Fourth International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructure and socio-economic development». – 2018. – P. 226–230.
7. Influence of economic indicators of the region on the work of road transport / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 5 (51). – P. 165–171.
8. Konovalova T.V., Nadiryana S.L., Mironova M.P. Improving methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
9. Reducing the density of freight traffic flows of highways in the South of Russia / E.A. Lebedev [et al.] // In the collection: Logistics: current trends in development. Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 313–319.

УДК 656.073

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАССОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ГОРОДАХ



### FEATURES OF THE ORGANIZATION OF TRAFFIC DURING MASS EVENTS IN CITIES

**Коновалова Т.В.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Миронова М.П.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Миронова Ю.П.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Надирян С.Л.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** Неотъемлемой частью жизни современного города является проведение мероприятий различной направленности в области культуры и спорта, социальной сфере. Проведение различных спортивных и культурно-развлекательных мероприятий влечет за собой довольно большое скопление пешеходов и транспортных средств на небольшом участке УДС города, что становится причиной «заторовых» и аварийных ситуаций на близлежащих участках улично-дорожной сети. В то же время вопросам организации и безопасности движения пешеходов, личных транспортных средств и городского пассажирского транспорта во время данных мероприятий, до их начала и по их окончанию практически не уделяется внимания.

**Ключевые слова:** транспорт, улично-дорожная сеть, массовые мероприятия, организация транспортного обслуживания, организация дорожного движения, оценка эффективности организации дорожного движения.

**Konovalova T.V.**

Kuban State Technological University

**Mironova M.P.**

Kuban State Technological University

**Mironova Y.P.**

Kuban State Technological University

**Nadiryan S.L.**

Kuban State Technological University

**Annotation.** An integral part of the life of a modern city is the holding of events of various directions in the field of culture and sports, and the social sphere. Holding various sports and cultural and entertainment events entails a fairly large accumulation of pedestrians and vehicles on a small section of the city's UDS, which causes «congestion» and accidents in nearby sections of the street and road network. At the same time, almost no attention is paid to the organization and safety of the movement of pedestrians, personal vehicles and urban passenger transport during these events, before their start and after their end.

**Keywords:** transport, street and road network, mass events, organization of transport services, traffic management, assessment of the effectiveness of traffic management.

Для составления комплексной оценки состояния УДС, ее соответствия нормам пешеходных и транспортных путей, транспортной инфраструктуры в зоне объекта, предназначенного для проведения массовых мероприятий, необходимо провести обследование пешеходных, транспортных потоков. Изучение пешеходных и транспортных потоков предусматривает определение их основных параметров и параметров улично-дорожной сети [1, 2].

Изучение пешеходных и транспортных потоков следует проводить в период часа «пик» и в тот временной период, когда потоки приобретают стабильность и их особенности являются наиболее характерно-выраженными в данный период времени.

На основании вышеизложенного выполнение алгоритма методики организации дорожного движения в городах при проведении массовых мероприятий следует начинать со сбора исходных данных об интенсивности, скорости, плотности транспортных и пешеходных потоках, а также об особенностях улично-дорожной сети в районе местоположения объекта тяготения с учетом условий, оказывающих влияние на формирование транспортного спроса.

Ниже на рисунке 1 в виде алгоритма представлена методика по организации дорожного движения при массовых мероприятиях.



Рисунок 1 – Алгоритм методики ОДД при проведении массовых и масштабномассовых мероприятий

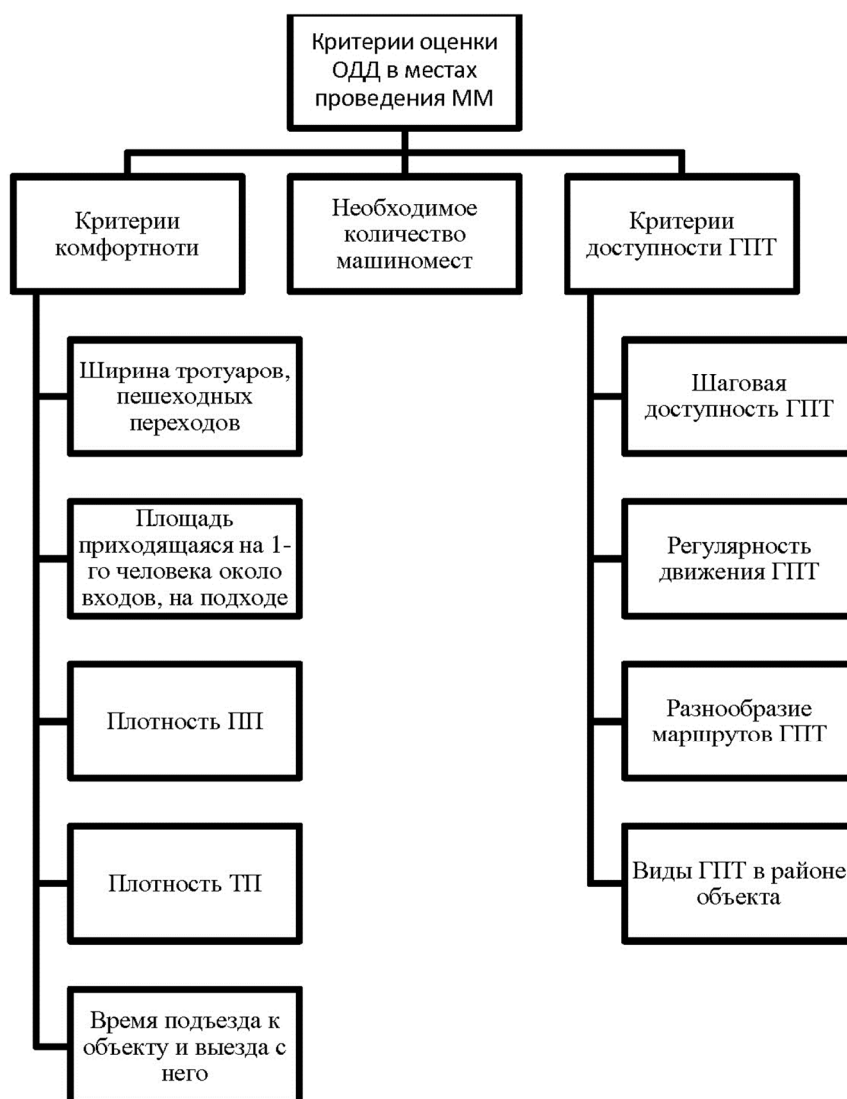
Из алгоритма видно, что для утверждения проекта организации дорожного движения при проведении массовых мероприятий на каком-либо спортивно-развлекательном объекте необходимо произвести его детальное обследование и обследование прилегающей к нему транспортной инфраструктуры с определением характерных особенностей транспортных и пешеходных потоков на заданном участке УДС.

Как видно из выше представленного алгоритма необходимо обследовать объект проведения массовых мероприятий и проанализировать его месторасположение относительно сложившейся улично-дорожной сети города. Следующим этапом нужно произвести сбор исходной информации об общей вместимости объекта и его посещаемости. Далее – произвести расчет средней посещаемости объекта, предназначенного для проведения массовых и масштабномассовых мероприятий. Проанализировать частоту достижения пиковых значений посещаемости объекта. Однако помимо исследования общего числа посетителей массовых мероприятий, необходимо исследовать интенсивность транспортных и пешеходных потоков на прилегающих к объекту улицах для получения общей картины происходящего и его влияния на УДС города [3].

Для оценки организации дорожного движения необходимо определить критерии, по которым будет производиться оценка на соответствие нормативным требованиям.

Под критерием следует понимать признак или основание, на основе которого производится оценка.

В ходе выполнения обследований объектов, предназначенных для проведения массовых мероприятий и улично-дорожной сети возле них, а также исследования транспортных и пешеходных потоков были выявлены критерии для оценки эффективности организации дорожного движения. Выявленные критерии оценки, представлены на рисунке 2 ниже.



**Рисунок 2** – Критерии оценки ОДД на объектах, предназначенных для проведения массовых мероприятий

Согласно рисунку 2 представленному выше оценки эффективности и безопасности организации дорожного движения можно разделить на два укрупненных блока, а именно на критерии комфортности и критерии доступности [4–5].

Разработанная методика организации дорожного движения при проведении массовых мероприятий в городах должна в себя включать разработку проекта ОДД. Предлагаемые проектные решения при разработке ПОДД при проведении массовых мероприятий включают в себя следующие предложения по:

- обоснованию перечня участков УДС, на которых планируется ввести временное прекращение движения транспортных средств и пешеходов, срока и способа введения таких ограничений движения;

- организации для транспортных средств маршрутов объезда перекрываемых участков УДС;
- организации движения транспортных средств на территории, прилегающей к спортивным сооружениям и объектам для проведения массовых мероприятий;
- организации доставки зрителей на массовые мероприятия и движения специальных транспортных средств;
- организации движения городского пассажирского транспорта до, вовремя и после проведения массового мероприятия с обозначением остановочных пунктов;
- организации движения пешеходов, с соблюдением нормативных требований по минимальной ширине путей движения пешеходов, их освещенности, размещению пешеходных галерей, обеспечения зон видимости, временных и имеющих наземных регулируемых и (или) нерегулируемых пешеходных переходов в зоне объектов массовых мероприятий;
- организации временного хранения индивидуальных ТС зрителей, прибывших на массовые мероприятия, размещению информации о наличии свободных парковочных мест;
- организации информационного обеспечения участников движения о проведении временных ограничений или прекращения движения транспортных средств и пешеходов на определенных участках и улицах города, размещению информационных табло и щитов с объявлениями и графиками движения МТС [6].

### Литература

1. Коновалова Т.В., Миронова М.П., Миронова Ю.П. Особенности организации перевозок пассажиров при проведении массовых спортивных мероприятий в городах // В сборнике: Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса в рамках V Международной научно-практической конференции. АДИ ДОННТУ. – Горловка, 22 мая 2019. – С. 277–281.
2. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // В сборнике: Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2018 Материалы IV Международной научно-практической конференции в рамках четвертого Международного научного форума Донецкой народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – Горловка, 2018. – С. 226–230.
3. Методы моделирования дорожного движения в городах при проведении массовых мероприятий / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии в рамках 2 Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар, 29–30 октября 2019 года. – С. 667–673.
4. Транспортное обеспечение крупных массовых мероприятий в городах / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии в рамках 2 Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар, 29–30 октября 2019 года. – С. 674–680.
5. Коновалова Т.В., Миронова М.П., Миронова Ю.П. Исследования в области организации дорожного движения при проведении массовых мероприятий // В сборнике Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 05–07 декабря 2018 года. – С. 184–189.
6. Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края) / Т.В. Коновалова [и др.] // В журнале: вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). – Омск, 2016. – С. 109–116.

### References

1. Konovalova T.V., Mironova M.P., Mironova Yu.P. Features of the organization of passenger transportation during mass sports events in cities // In the collection: Scientific and technical aspects of the development of the motor transport complex in the framework of the V International scientific and practical conference. ADI DONNTU. – Gorlovka, 22 May 2019. – P. 277–281.
2. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Scientific and technical aspects of the development

- of the motor transport complex 2018 Materials of the IV International scientific and practical conference in the framework of the fourth International scientific forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructure and socio-economic development». – Gorlovka, 2018. – P. 226–230.
3. Methods for modeling traffic in cities during mass events / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies within the framework of the 2nd International Scientific and Practical Conference. FSBEI HE «KubSTU». – Krasnodar, October 29–30 2019. – P. 667–673.
  4. Transport support for large public events in cities / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies within the framework of the 2nd International Scientific and Practical Conference. FSBEI HE «KubSTU». – Krasnodar, October 29–30 2019. – P. 674–680.
  5. Konovalova T.V., Mironova M.P., Mironova Yu.P. Research in the field of traffic management during public events // In the collection Problems of functioning of transport systems. Materials of the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. Industrial University of Tyumen. – Tyumen, 05–07 December 2018. – P. 184–189.
  6. Features of economic forecasting of passenger traffic (for example, Krasnodar Territory) / T.V. Konovalova [et al.] // In the journal: Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI). – Omsk, 2016. – P. 109–116.



УДК 656.073

## ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РОССИИ



### PROBLEMS OF TRAFFIC MANAGEMENT IN RUSSIA

**Кузьмина М.А.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Лысенко Е.Г.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Надирян С.Л.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В настоящее время в России благодаря развитию экономики идет активное развитие автотранспортного комплекса, которое помимо положительных свойств, имеет ряд отрицательных последствий, которые приводят к проблемам в области дорожного движения. Если не решить эти проблемы и не улучшить организации дорожного движения, то последствия могут быть катастрофическими.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, автомобильные перевозки, автотранспорт, дорожное движение, организация дорожного движения, проблемы организации дорожного движения, транспорт.

**Kuzmina M.A.**

Kuban State Technological University

**Lysenko E.G.**

Kuban State Technological University

**Nadiryan S.L.**

Kuban State Technological University

**Annotation.** Currently, thanks to the development of the Russian economy, the motor transport industry is actively developing, which, in addition to its positive properties, has a number of negative consequences that lead to problems in the field of road traffic. If these problems are not addressed and traffic management is not improved, the consequences can be disastrous.

**Keywords:** highways, road transport, motor transport, road traffic, traffic management, problems of traffic management, transport.

**Р**азвитие современного общества непрерывно связано с уровнем развития транспорта и всей транспортной системы в целом, так как именно транспорт помогает сблизить между собой населенные пункты с помощью перемещения товаров и людей, что создает и поддерживает определённый уровень комфорта. Важность транспорта определяется теми усилиями, которые государство затрачивает на его развитие [1, 2].

Автомобильный транспорт является одним из лидеров по количеству перевозимых товаров и пассажиров из-за его ключевых преимуществ. Проблемы обеспечения дорожного движения в России в последнее время носит постоянно обостряющийся характер, так как с одной стороны идет развитие экономики, что способствует развитию автотранспортного комплекса, но с другой стороны рост числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), количества погибших и раненых в них, увеличение транспортных заторов, ухудшение экологии – все эти факторы несут отрицательные последствия.

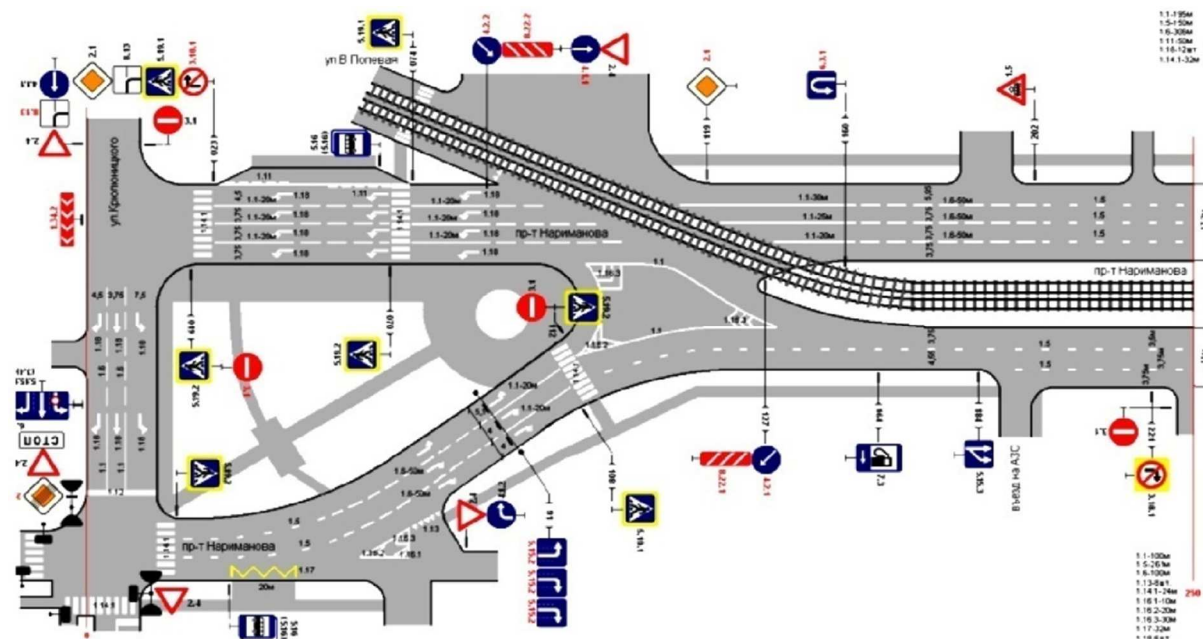
В связи с этим перед государством стоит важнейшая задача – обеспечение эффективного транспортного процесса при гарантированном уровне дорожной безопасности.

Обеспечение безопасности дорожного движения (БДД) – комплексная задача, для решения которой необходим системный подход, обусловленный созданием эффективной государственной системы управления безопасностью дорожного движения, внедрением в практику современных методов решения задач организации и управления дорожным движением, а также его безопасностью, внедрением отечественного и зарубежного опыта разработки автоматизированных и интеллектуальных систем управления дорожным движением, разработкой эффективного применения нормативных, информационных, технических, методических, экспертных, образовательных средств и технологий [3, 4].

Важным элементов обеспечения безопасности дорожного движения является организация дорожного движения (ОДД), которая представляет собой комплекс организационно-правовых, организационно-технических мероприятий и распорядительных

действий по управлению движением на автомобильных дорогах, цель которого заключается в обеспечении безопасности дорожного движения.

Проектирование ОДД используется при строительстве новых дорог, эстакад, развязок, а так же при осуществлении ремонтно-восстановительных и реставрационных работ старых дорог и участков уже находящихся в эксплуатации длительное время. Проектирование ОДД осуществляется с помощью схем ОДД, пример которой показан на рисунке 1. Схема ОДД является важнейшим компонентом ОДД, ведь от правильности ее составления зависит безопасность движения, жизнь и здоровье водителей и пешеходов.



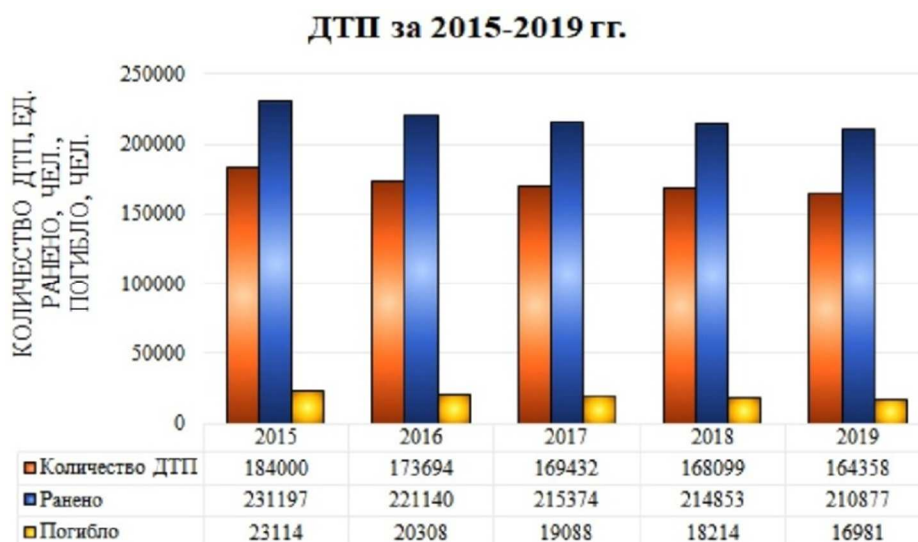


Рисунок 2 – ДТП в РФ за 2015–2019 гг.

Для решения существующих проблем ОДД в РФ следует провести следующие мероприятия:

1. Совершенствование системы управления безопасностью дорожного движения, которое состоит в снижении вероятности ДТП до минимального значения и снижения их последствий, уменьшении числа транспортных заторов с помощью четко налаженной ОДД.

2. Информационно-пропагандистская работа с разными группами населения, работа с детьми по профилактике ДТП с помощью обучения ПДД.

3. Разработка решений по сдерживанию скоростей движения транспортных средств. К таким решениям относят: установка камер видеофиксаций нарушения установленного скоростного режима, установление искусственных неровностей, установка знаков, ограничивающих скорость [9].

4. Совершенствование системы подготовки водителей и их допуска к управлению транспортными средствами. Для этого потребуется полностью пересмотреть систему получения водительских удостоверений в стране: от начала обучения в автошколе до момента сдачи экзаменов в ГИБДД.

5. Изучение и адаптация зарубежного опыта, в частности стран с наилучшими показателями ОДД. К таким странам относятся: страны Скандинавского полуострова (Швеция, Норвегия, Дания), Германия, Великобритания и Нидерланды.

6. Выработка и реализация долгосрочной стратегии по безопасности дорожного движения. Такие стратегии следует принимать Правительству РФ совместно со структурами, которые непосредственно связаны с движением.

Таким образом, России требуется решать возникшие проблемы с помощью составления и принятия различных национальных программ и проектов в области ОДД и БДД и путем перенимания опыта развитых стран, которые, несмотря на высокий уровень автомобилизации, имеют отличную ОДД и высокую БДД.

### Литература

1. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения. учебное пособие. – Краснодар, 2018.
2. Анализ работы транспортных систем. учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
3. Сенин И.С., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Особенности разработки проектов организации дорожного движения по маршруту перевозки крупногабаритных грузов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2017. – Т. 1. – С. 65–70.
4. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии.

- Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
5. Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края) / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 1 (47). – С. 109–116.
  6. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // В сборнике: Материалы IV Международной научно-практической конференции в рамках четвертого Международного научного форума Донецкой народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – 2018. – С. 226–230.
  7. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
  8. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Миронова М.П. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
  9. Снижение плотности грузовых транспортных потоков автодорог юга России / Е.А. Лебедев [и др.] // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 313–319.

### References

1. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryan S.L. Ways to assess the effectiveness of road traffic management. training manual. – Krasnodar, 2018.
2. Analysis of the work of transport systems. training manual / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
3. Senin I.S., Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Features of the development of projects for the organization of road traffic along the route of transportation of large-sized cargo // Modernization and scientific research in the transport sector. – 2017. – Vol. 1. – P. 65–70.
4. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
5. Features of economic forecasting of passenger flows (on the example of the Krasnodar Territory) / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 1 (47). – P. 109–116.
6. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Materials of the IV International Scientific and Practical conference within the framework of the Fourth International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructure and socio-economic development». – 2018. – P. 226–230.
7. Influence of economic indicators of the region on the work of road transport / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 5 (51). – P. 165–171.
8. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Mironova M.P. Improving methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
9. Reducing the density of freight traffic flows of highways in the South of Russia / E.A. Lebedev [et al.] // In the collection: Logistics: current trends in development. Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 313–319.

УДК 656.073

**ПОВЫШЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ  
ТРАНСПОРТНЫХ КОМПАНИЙ**



**INCREASING THE INNOVATIVE ACTIVITY OF  
TRANSPORT COMPANIES**

**Кузьмина М.А.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Моховиков Н.С.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Надирян С.Л.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** Целью исследования является инновационная активность транспортных компаний. Инновации имеют главное значение в развитии транспортного комплекса страны и его полноценного функционирования. Инновационная деятельность должна быть направлена в первую очередь на направления, которые определяют производительность и качество труда. Обращается внимание на направления, которые отстают в развитии по сравнению с зарубежными странами.

**Ключевые слова:** автоматизация, инновационная деятельность, транспортный комплекс, транспорт, электронизация, транспортная сеть, целевая программа.

**Kuzmina M.A.**

Kuban State Technological University

**Mokhovikov N.S.**

Kuban State Technological University

**Nadiryan S.L.**

Kuban State Technological University

**Annotation.** The aim of the study is the innovative activity of transport companies. Innovations are of the main importance in the development of the country's transport complex and its full functioning. Innovation activities should be focused primarily on the areas that determine the productivity and quality of labor. Attention is drawn to the areas that lag behind in development in comparison with foreign countries.

**Keywords:** automation, innovation activity, transport complex, transport, electronics, transport network, target program.

**Т**ранспорт играет важную роль в развитии социально-экономической среды в Российской Федерации. Для того, чтобы транспортные услуги обеспечивали повышение эффективности общественного производства, нормальное функционирование экономики нужно повышать инновационную активность транспортных компаний. Научные сообщества страны в области развития транспортных инноваций ориентируются на жизнедеятельность населения, а научные комплексы обеспечивают развитие экономики при помощи модернизации и внедрения современных технологий. Конкуренция на мировой арене возможна при благоприятных условиях для инновационной деятельности [1-4].

Успех инновационной деятельности определяется формами ее организации и способами финансовой поддержки. Источниками финансирования может быть государство, малый инновационный бизнес, инвестиционные и инновационные фонды, а также органы местного самоуправления.

К основным направлениям инновационной деятельности в транспортных компаниях для развития социальной и экономической среды в Российской Федерации относят:

- внедрение инновационных технологий в пассажирские и грузовые перевозки;
- автоматизация, электронизация и информатизация всех звеньев транспортного комплекса.

Одной из инновационных технологий в пассажирских перевозках является внедрение системы общественного транспорта, которые смогут использовать информацию о большом скоплении пассажиров на остановках общественного транспорта и направлять туда нужное количество подвижного состава. Либо изменять график работы транспорта, чтобы удовлетворить спрос на данный маршрут. Также благодаря системе общественного транспорта можно было бы объединить тарифы и услуги различных видов транспорта в разных регионах нашей страны. Одна карта для всех видов транспорта: объединенный общественный транспорт. Подобное внедрение для не-

скольких видов транспорта по единому билету в России получилось реализовать в 2020 году на полуостров Крым, благодаря открытию крымского моста, по которому запустили как автомобильное движение, так и железнодорожное. По единому билету под названием «Единый билет. Едем в Крым!» можно добраться самолетом, поездом и автобусом, где время прибытия и отправления транспорта состыковано, что позволяет избежать длительного ожидания на станциях. Также к инновационным технологиям в общественном транспорте можно отнести внедрение на остановках QR-табло, такое новшество применяется на остановках в городе Краснодаре, благодаря этому нововведению пассажир может узнать муниципальный транспорт, который прибудет в течение часа. Для этого не нужно никакое специальное приложение, только нужен телефон с камерой и подключение к Интернету [5–7].

Для грузового автомобильного транспорта с 1 октября 2020 года России начался эксперимент по оформлению электронных документов. Оформлению в электронной форме подлежат такие документы как, транспортная накладная и путевой лист. На данный момент электронный документооборот применяется не во всех регионах нашей страны, а только в Москве, Татарстане, Московской, Калужской, Рязанской области и в Краснодарском крае. Благодаря такой системе обеспечит качественно новый уровень документооборота, что для бизнеса сократит затраты, а для государства обеспечит прозрачность контроля.

Сейчас проект проходит тестирование на базе ведущих транспортных компаний страны, но в скором времени будет распространен на всей территории Российской Федерации.

Для улучшения обслуживания клиентов и сведения к минимуму ручного труда нужен переход от частичной автоматизации к полной автоматизации процесса эксплуатационной деятельности. Компьютеризация это высокая стадия автоматизации, которая позволит перейти от изолированного решения задач к комплексному управлению всеми транспортными процессами на региональном и федеральном уровне. Компьютеризация обеспечит работу всех звеньев транспортного комплекса, производит оперативный учет колебаний спроса на рынке транспортных услуг, позволит иметь надежную и доступную информацию о местонахождении груза. Автоматизация сокращает капиталовложения на развитие транспортного комплекса и способствует повышению труда работников, что помогает снизить себестоимость перевозок. Информатизация связана с совершенствованием организационной структурой управления транспортным комплексом.

От выбора типа инновационной политики зависит стратегия государственного управления инновационными процессами на транспорте. В Российской Федерации происходит переход от фронтального к селективному типу научно-технической политики. Мировой опыт показал, что селективный метод более эффективен.

Решаемые задачи благодаря инновационной политике: определение приоритетных направлений научно-технического развития транспорта; ресурсное, организационно-правовое, экономическое и социальное обеспечение избранных приоритетов, оценка результатов и корректировка целей, стратегическое прогнозирование и планирование.

Для комплексного планирования существуют и разрабатываются целевые программы. Особенностью применения программно-целевого метода на современном этапе является разработка и реализация совокупности селективных комплексных программ.

Одним из важнейших научно-технических и приоритетных направлений развития является создание высокоскоростного и экологического транспорта, как в Российской Федерации, так и в зарубежных странах [8–10].

Конкуренция на рынке автотранспортных услуг, хоть и не благоприятная экономическая ситуация, но оказывает влияние на усиление влияния инновационной деятельности. Инновации являются фактором повышения конкурентоспособности любого автотранспортного предприятия. Глобализация мирового рынка привела к открытости и ужесточению конкуренции. Эти процессы обуславливают необходимость внедрения технических и технологических новшеств и нововведений. Использование инновационных технологий, повлечет за собой становление научно-технической, производственной, финансовой и социальной деятельности. При этом в Российской Федерации число транспортных компаний, которые регулярно применяют инновации, составляет всего 10–12 % от общего количества. Такая ситуация сложилась из-за того что многие пере-

возчики замкнулись на региональном рынке или работают на очень узких секторах рынка. Многие организации не конкурируют ни с российскими, ни с зарубежными компаниями, что способствует к остановке инновационной активности. Инновации служат катализатором роста конкурентоспособности, что обеспечивает результативность и успешность ведения бизнеса. Инновации предполагают концептуальное решение проблем. Для предприятий это внедрение новых, прогрессивных идей, когда оно начинает давать экономический эффект на рынке. В таблице 1 показаны показатели инновационной деятельности предприятий на территории Российской Федерации.

**Таблица 1** – Показатели инновационной деятельности предприятий РФ

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Инновационная активность предприятий (удельный вес предприятий, проводящих инновации в текущем году, в общем числе исследуемых предприятий), %	10,1	9,9	9,3
Удельный вес предприятий, проводящих технологические инновации в текущем году, в общем числе исследуемых предприятий, %	8,9	8,8	8,3
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	9,2	8,7	8,4
Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	2,9	2,9	2,6
Удельный вес предприятий, осуществлявших организационные инновации в текущем году, в общем числе исследуемых предприятий, %	2,9	2,8	2,7
Удельный вес предприятий, осуществлявших маркетинговые инновации в текущем году, в общем числе исследуемых предприятий, %	1,9	1,7	1,8
Удельный вес предприятий, осуществлявших экологические инновации в текущем году, в общем числе исследуемых предприятий, %	1,5	1,6	1,6
Удельный вес предприятий, осуществлявших маркетинговые инновации в текущем году, в общем числе исследуемых предприятий, %	106,6	107,6	110,4
Темпы роста отгруженных товаров собственного производства, выполненных собственными силами работ и услуг, %	122,1	102,1	107,4

Одним из важнейших факторов эффективности процесса инноваций на предприятии является инновационная активность деятельности производителя направленная на увеличение результативности.

Анализ приведенных данных в таблице позволяет сделать вывод, что за три года произошло снижение инновационной активности транспортных компаний России по всем показателям. Большую долю в общем объеме занимают технические и технологические инновации. При этом наблюдается снижение доли организационных, экологических и маркетинговых инноваций. Результаты исследования свидетельствуют о том, что стало внедряться меньше инноваций. Кроме того существенное влияние на показатели оказывает политическая ситуация и экономические санкции [9–12].

Ряд российских предприятий работают с применением импортных материалов и оборудованием, задержки или отмена их поставок, отражается на инновационной активности предприятий.

Подводя итог к всему вышесказанному, можно отметить, что воздействие на элементы конкурентоспособности со стороны инновационного фактора, формирует их положительные изменения: рост качества транспортного обслуживания, сокращение затрат, оптимизация цены. В результате активации инновационной деятельности происходит повышение конкурентоспособности автотранспортных предприятий.

### Литература

1. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин [и др.]. – М. : Горячая линия, 2007. – 560 с. – Текст : непосредственный.
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – Минск : ИП «Экоперспектива», 1998. – 126 с. – Текст : непосредственный.
3. Ходош М.С. Грузовые автомобильные перевозки. – М. : «Транспорт», 1986. – 320 с. – Текст : непосредственный.
4. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения. учебное пособие. – Краснодар, 2018.
5. Анализ работы транспортных систем. учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.

6. Сенин И.С., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Особенности разработки проектов организации дорожного движения по маршруту перевозки крупногабаритных грузов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2017. – Т. 1. – С. 65–70.
7. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
8. Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края) / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 1 (47). – С. 109–116.
9. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // В сборнике: Материалы IV Международной научно-практической конференции в рамках четвертого Международного научного форума Донецкой народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – 2018. – С. 226–230.
10. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
11. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Миронова М.П. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
12. Снижение плотности грузовых транспортных потоков автодорог юга России / Е.А. Лебедев [и др.] // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 313–319.

### References

1. Cargo automobile transportation: textbook for universities / A.V. Velmozhin [et al.]. – M. : Goryachaya liniya, 2007. – 560 p.
2. Savitskaya G.V. Analysis of economic activity of the enterprise. – Minsk : IP «Ecoperspektiva», 1998. – 126 p.
3. Khodosh M.S. Cargo automobile transportation. – M. : «Transport», 1986. – 320 p
4. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryana S.L. Ways to assess the effectiveness of road traffic management. training manual. – Krasnodar, 2018.
5. Analysis of the work of transport systems. training manual / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
6. Senin I.S., Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Features of the development of projects for the organization of road traffic along the route of transportation of large-sized cargo // Modernization and scientific research in the transport sector. – 2017. – Vol. 1. – P. 65–70.
7. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
8. Features of economic forecasting of passenger flows (on the example of the Krasnodar Territory) / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 1 (47). – P. 109–116.
9. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Materials of the IV International Scientific and Practical conference within the framework of the Fourth International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructure and socio-economic development». – 2018. – P. 226–230.
10. Influence of economic indicators of the region on the work of road transport / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 5 (51). – P. 165–171.
11. Konovalova T.V., Nadiryana S.L., Mironova M.P. Improving methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
12. Reducing the density of freight traffic flows of highways in the South of Russia / E.A. Lebedev [et al.] // In the collection: Logistics: current trends in development. Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 313–319.



УДК 656.073

СОСТОЯНИЕ АВТОДОРОЖНОЙ СЕТИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



STATE OF THE ROAD NETWORK OF  
THE RUSSIAN FEDERATION

**Кузьмина М.А.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Сунгуртян О.С.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Надирян С.Л.**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В последние годы Россия демонстрирует интенсивные темпы экономического развития, однако на фоне благоприятных общих тенденций существуют проблемы, которые, если их не решить уже сейчас, могут стать серьезным тормозом для дальнейшего развития. К их числу можно отнести недостаточную развитость транспортной системы и дорожного хозяйства.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги, автомобильные перевозки, проблемы развития дорожной сети, транспорт, эра автомобилизации.

**Kuzmina M.A.**

Kuban State Technological University

**Sungurtyan O.S.**

Kuban State Technological University

**Nadiryan S.L.**

Kuban State Technological University

**Annotation.** In recent years, Russia has demonstrated an intensive pace of economic development, but against the background of favorable General trends, there are problems that, if not resolved now, can become a serious obstacle to further development. These include the lack of development of the transport system and road infrastructure.

**Keywords:** highways, road transport, problems of road network development, transport, the era of motorization.

**В** настоящее время идет активный рост числа автомобилей в Российской Федерации (РФ). Несомненно, автомобили – удобный транспорт с большим количеством преимуществ. Однако, наступившая эра автомобилизации в РФ показала, что, несмотря на большое число автомобилей, эффективность их использования постепенно снижается, так как скорость роста дорог значительно ниже скорости роста количества автомобилей. Таким образом, существующие автомобильные дороги не справляются с выросшим транспортным потоком, что влечет за собой ряд проблем: повышение вероятности дорожно-транспортных происшествий (ДТП), рост финансовых и материальных потерь, ухудшение экологической обстановки [1, 2].

Автодороги являются важной составляющей транспортной инфраструктуры. От их качества и протяженности зависит скорость перемещение пассажиров и грузов, что влияет на экономику, социальное обеспечение жителей и национальную безопасность государства.

Большинство дорог сосредоточены в Европейской части РФ. Здесь их плотность максимальна и, по мере удаления, на север и восток плотность постепенно уменьшается. В Сибирском и Дальневосточном Федеральных округах значение плотности автодорог достигает минимального значения. Здесь даже есть дороги, которые не связаны с федеральной сетью [3, 4].

В центральной части РФ дороги имеют конфигурацию по форме «звезда»: все дороги лучами отходят от центра-города Москва, что показывает слабую прямую горизонтальную связь между городами и регионами государства.

Общая протяжённость сети автодорог РФ общего пользования по состоянию на 2019 год равна 1 542 196,2 км, в том числе 1 089 306,3 км с твердым покрытием и 675 410,8 км с усовершенствованным покрытием.

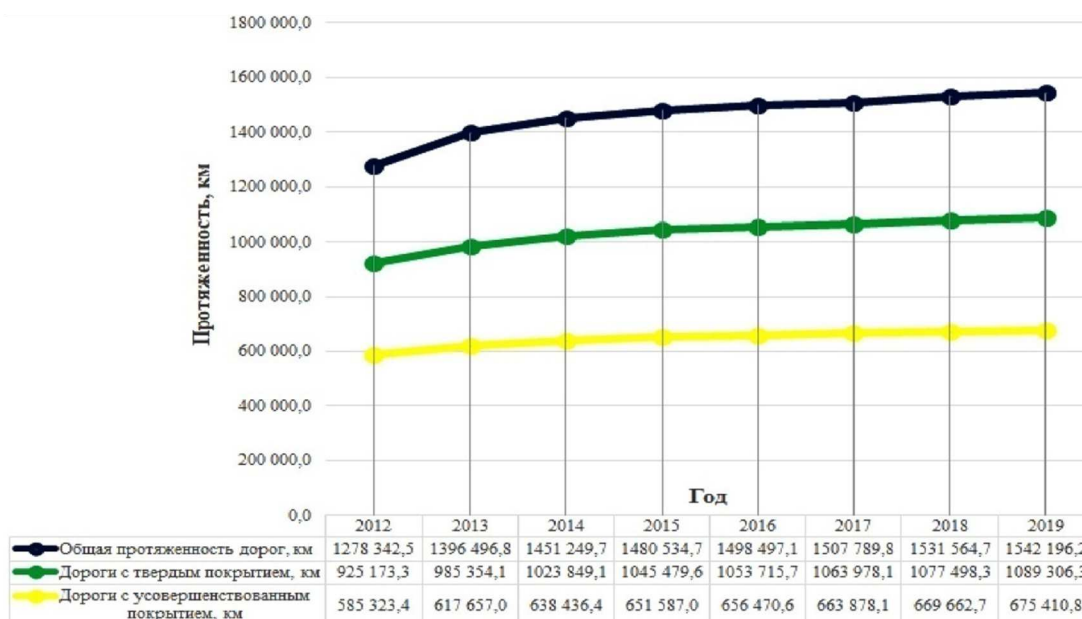


Рисунок 1 – Изменение протяженности автодорог общего пользования РФ по покрытиям

Проанализировав данные на рисунке 1, можно сделать вывод, что с 2012 г. по 2019 г. протяжённость автодорог общего пользования в РФ выросла с 1 278 342,5 км до 1 542 196,2 км, увеличившись на 20,64 %. Протяжённость дорог с твёрдым покрытием увеличилась на 17,74 %: с 925 173,3 км до 1 089 306,3 км, с усовершенствованным покрытием – увеличилась на 15,39 %: с 585 323,4 км до 675 410,8 км.

Доля дорог с твердым покрытием сильно варьируется по странам. Она составляет 70 % – 100 % в промышленно развитых странах и Китае, 40 % – 70 % в большинстве развивающихся стран, и, как правило, не превышает 40 % в остальных странах мира. В РФ доля дорог с твердым покрытием составляет 70,63 %.

Ключевым фактором развития дорожной инфраструктуры являются места размещения ключевых транспортных коридоров и транспортных узлов. В РФ таким фактором также является неоднородность спроса на услуги дорожной инфраструктуры в зависимости от местонахождения автомобильных дорог и направлений перевозки. Спрос на транспортные услуги зависит от структуры грузо- и пассажироперевозок и преобладающего вида транспорта [1, 2]. Например, автомобильный транспорт преобладает в всех странах центральной части Европы, так как они имеют небольшую площадь территории и более выгодным для перевозки в данной местности является автотранспорт. В странах, которые занимают большие площади, использование автомобилей не всегда имеет выгоду, так как это несет за собой значительные финансовые вложения. В таких государствах чаще всего ведущую роль играют перевозки железнодорожным или водным транспортом, так как они являются более выгодными в данном случае с финансовой точки зрения по сравнению с другими видами транспорта. Из-за размеров территории в РФ при перевозках преобладает железнодорожный транспорт с долей 60 %; а доля автомобильного транспорта очень мала – 1,3 %. Эта особенность сильно отличает РФ от развитых европейских стран, где доля автоперевозок огромна, а железнодорожный транспорт выполняет лишь вспомогательную функцию.

Также качество автомобильных дорог, а точнее качество покрытия дороги – важнейший показатель дорожной сети, значение которого сильно варьируется по странам. Высокое значение показатель имеет в развитых странах Европы и США, низкое – в развивающихся странах, например, в Турции плохое состояние имеют 40 % автомагистралей, в Македонии – около 60 %, в Таджикистане – 80 %.

Состояние автомобильных дорог напрямую влияет на количество ДТП. РФ имеет достаточно высокие показатели смертности на дорогах: на 1 млн жителей приходится 230 погибших, в то время как в США – 143 погибших, что ниже российского

значения на 37 %. В развитых странах Европы, Японии, Индии, Канаде и Новой Зеландии данный показатель примерно в 2,5 раза ниже, чем в России, и не превышает 100 погибших на 1 млн жителей в год, а самая низкая смертность на дорогах в Нидерландах, Швейцарии и Швеции, где за год погибает в автокатастрофах не более 50 человек на 1 млн жителей [3, 4].

Особенностью РФ по сравнению с другими странами является более высокие транспортные издержки с учетом климата, размера территории и расстояний перевозок автотранспортом. При этом РФ по показателям развитости дорожной инфраструктуры даже в густонаселенных районах уступает таким развитым странам, как США, Канада и др., по прочим сопоставимым характеристикам. Естественно, это в значительной степени связано с историческими причинами, а также неэффективностью размещения производства и несоответствия инфраструктуры современному спросу на транспортные услуги. Однако, в последние годы, несмотря на значительное продвижение вперед по уровню экономического развития и доходов, получаемых предприятиями и гражданами, дорожное хозяйство РФ по-прежнему в большей степени соответствует ситуации лишь развивающихся стран [5–8].

Автомобильный транспорт по сравнению с другими видами транспорта чаще выступает в роли ведущего, так как имеет ряд преимуществ при перевозке грузов:

- доставка грузов «от двери до двери»;
- сохранность грузов;
- сокращение потребности в дорогостоящей и громоздкой упаковке;
- экономия упаковочного материала;
- более высокая скорость доставки грузов автомобилями;
- возможность участия в смешанных перевозках;
- перевозки небольших партий груза, позволяющее предприятию ускорить отправку продукции и сократить сроки хранения груза на складах.

Автотранспорт тесно взаимосвязан со всеми элементами производства.

Проблемы состояния дорог, их перегрузка, планирование строительства и реконструкция становятся все более актуальными для перспективного экономического развития. Все это обостряет необходимость опережающего развития инфраструктуры дорожного хозяйства, улучшения его состояния до уровня развитых стран для устранения соответствующих ограничений экономического роста, повышения безопасности перевозок и качества предоставления транспортных услуг [9–12].

В последние годы РФ демонстрирует интенсивные темпы экономического развития, однако на фоне благоприятных общих тенденций существуют проблемы, которые, если их не решить уже сейчас, могут стать серьезным тормозом для дальнейшего развития. К их числу можно отнести недостаточную развитость транспортной системы и дорожного хозяйства.

При дальнейшем развитии транспортной системы России следует проводить модернизацию для удовлетворения качества транспортного процесса, в частности, автотранспорта.

## Литература

1. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин [и др.]. – М. : Горячая линия, 2007. – 560 с. – Текст : непосредственный.
2. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – Минск : ИП «Экоперспектива», 1998. – 126 с. – Текст : непосредственный.
3. Ходош М.С. Грузовые автомобильные перевозки. – М. : «Транспорт», 1986. – 320 с. – Текст : непосредственный.
4. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения. учебное пособие. – Краснодар, 2018.
5. Анализ работы транспортных систем. учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
6. Сенин И.С., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Особенности разработки проектов организации дорожного движения по маршруту перевозки крупногабаритных грузов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2017. – Т. 1. – С. 65–70.

7. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
8. Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края) / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 1 (47). – С. 109–116.
9. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // В сборнике: Материалы IV Международной научно-практической конференции в рамках четвертого Международного научного форума Донецкой народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – 2018. – С. 226–230.
10. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
11. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Миронова М.П. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
12. Снижение плотности грузовых транспортных потоков автодорог юга России / Е.А. Лебедев [и др.] // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 313–319.

### References

1. Cargo automobile transportation: textbook for universities / A.V. Velmozhin [et al.]. – M. : Goryachaya liniya, 2007. – 560 p.
2. Savitskaya G.V. Analysis of economic activity of the enterprise. – Minsk : IP «Ecoperspektiva», 1998. – 126 p.
3. Khodosh M.S. Cargo automobile transportation. – M. : «Transport», 1986. – 320 p
4. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryan S.L. Ways to assess the effectiveness of road traffic management. training manual. – Krasnodar, 2018.
5. Analysis of the work of transport systems. training manual / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
6. Senin I.S., Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Features of the development of projects for the organization of road traffic along the route of transportation of large-sized cargo // Modernization and scientific research in the transport sector. – 2017. – Vol. 1. – P. 65–70.
7. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
8. Features of economic forecasting of passenger flows (on the example of the Krasnodar Territory) / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 1 (47). – P. 109–116.
9. Analysis of methods for predicting the intensity of road traffic (on the example of Krasnodar) / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Materials of the IV International Scientific and Practical conference within the framework of the Fourth International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructure and socio-economic development». – 2018. – P. 226–230.
10. Influence of economic indicators of the region on the work of road transport / T.V. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 5 (51). – P. 165–171.
11. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Mironova M.P. Improving methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
12. Reducing the density of freight traffic flows of highways in the South of Russia / E.A. Lebedev [et al.] // In the collection: Logistics: current trends in development. Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 313–319.

УДК 663.252.1:663.222

**ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ  
ПРИГОДНОСТИ ВИНОГРАДА КРАСНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ  
СОРТОВ К ВИНИФИКАЦИИ**



**ASSESSMENT OF THE SIGNIFICANCE OF BIOCHEMICAL  
CRITERIA SUITABILITY OF RED TECHNICAL GRAPES  
VARIETIES FOR VINIFICATION**

**Ольховатов Егор Анатольевич**

кандидат технических наук,  
доцент ВАК, член-корр. РИА,  
доцент кафедры технологии хранения и  
переработки растениеводческой продукции,  
Кубанский государственный аграрный университет  
имени И.Т. Трубилина  
olhovatov\_e@inbox.ru

**Касьянов Геннадий Иванович**

доктор технических наук, профессор ВАК,  
действительный член РИА, профессор  
института пищевой и перерабатывающей промышленности,  
Кубанский государственный технологический университет  
g\_kasjanov@mail.ru

**Христюк Алексей Владимирович**

кандидат технических наук, член-корреспондент РИА,  
зам. директора по производству, главный пивовар  
филиала № 1 АО «Московский пиво-безалкогольный  
комбинат «Очаково» в г. Краснодар  
hristuk\_a@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрены контролируемые показатели, значимые для принятия решения о винификации винограда красных сортов. Показано их влияние на формирование основных характеристик качества винодельческой продукции. Проведён аналитический обзор традиционных и современных методик оценки биохимических критериев пригодности технического винограда красных сортов к винификации. Сформулирована необходимость комплексной трактовки контролируемых показателей на примере действующего винодельческого предприятия.

**Ключевые слова:** технический виноград, красные сорта, сахаристость, кислотность, фенольная зрелость, дубильные вещества, комплексная оценка, винификация.

**Olkhovatov Egor Anatolievich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of VAK,  
Corresponding Member of RIA,  
Associate Professor of the Department of  
Technology of Storing and Processing of  
Crop Products,  
Kuban State Agrarian University  
named after I.T. Trubilin  
olhovatov\_e@inbox.ru

**Kasyanov Gennady Ivanovich**

Doctor of Technical Sciences,  
Professor of VAK,  
Full Member of RIA, Professor  
Institute of Food and Processing Industry,  
Kuban State Technological University  
g\_kasjanov@mail.ru

**Khristyuk Alexey Vladimirovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Corresponding Member of RIA,  
Deputy Director of Production,  
Chief Brewer of branch № 1 of  
«Moscow Beer and Non-alcoholic  
«Ochakovo» in Krasnodar  
hristuk\_a@mail.ru

**Annotation.** The controlled indicators that are important for making a decision on the vinification of red grapes are considered. Their influence on the formation of the main characteristics of the quality of wine products is shown. An analytical review of traditional and modern methods for assessing the biochemical criteria for the suitability of technical red grapes for vinification is carried out. The need for a comprehensive interpretation of the controlled indicators is formulated on the example of an operating winery.

**Keywords:** technical grapes, red varieties, sugar content, acidity, phenolic maturity, tannins, complex assessment, vinification.

Согласно определению, данному в Федеральном законе от 27 декабря 2019 г. № 468-ФЗ «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации», вино – пищевая алкогольная сельскохозяйственная винодельческая продукция, произведенная исключительно в результате полного или неполного брожения целого или дробленого свежего винограда или свежего виноградного суслу и разрешенная к розничной продаже на территории Российской Федерации при фактической объемной доле содержания этилового спирта от 7,5 до 18 % [1].

Таким образом, вино является алкогольным напитком с регламентируемыми кондициями по содержанию этилового спирта, поэтому винодельческое сырьё также должно отвечать требованиям к содержанию главного предшественника спирта – сахару. Кроме этого, вино относится к пищевкусовым продуктам питания и поэтому

должно содержать ряд компонентов, формирующих вкусо-ароматические свойства продукта, а это, как минимум, кислоты и вещества полифенольной группы. Таким образом, контроль этих веществ является решающим действием в оценке виноградного сырья на предмет пригодности к винификации. К тому же, полифенольный комплекс играет важнейшую роль в этом процессе для создания качественных красных вин.

Основу технологии виноделия составляют биохимические превращения компонентов сусла из виноградной ягоды дрожжами, определяемые их ферментативной активностью и составом среды. Важнейшие составные части виноградного сусла – это вода, сахара, органические кислоты, дубильные, красящие, пектиновые и азотистые вещества, витамины, ферменты, эфирные масла и минералы. Количество и соотношение отдельных компонентов зависят от сорта винограда, климатических, метеорологических условий и агрофона.

Результирующее качество виноградных вин в значительной мере определяется степенью пригодности сырья винограда, поступающего на переработку, к винификации, что в целом оценивается как его техническая зрелость. Технология виноделия каждого типа предъявляет свои специфические требования к степени зрелости сырья, его химическому составу. Как, преждевременный, так и чрезмерно поздний сбор урожая отрицательно сказывается на качестве получаемых вин.

Степень зрелости винограда характеризуется определенным соотношением сахаристости и титруемой кислотности. Когда рост ягод винограда заканчивается, начинается накопление в них сахара при снижении кислотности, протопектин клеточных стенок частично переходит в водорастворимую форму ткани ягоды размягчаются и приобретают соответствующую сорту окраску.

Накопление сахара в период созревания происходит высокими темпами: суточный прирост этого показателя составляет в среднем 0,3–0,5 %. В начале созревания титруемая кислотность также довольно быстро снижается, но эта динамика в дальнейшем замедляется. По завершении созревания состав ягоды на некоторое время стабилизируется, затем начинается увяливание ягод, которое в естественных условиях идет сравнительно медленно. Процессу способствует устойчивая теплая, но не засушливая погода. Однако не стоит забывать, что к увяливанию на кустах способны не все сорта винограда – многие склонны к усыханию и опадению ягод.

При неблагоприятных метеорологических условиях и при повреждении виноградных насаждений болезнями или вредителями нормальный ход созревания урожая нарушается и химический состав виноградных ягод меняется в сторону ухудшения.

Оптимальные кондиции винограда для приготовления тех или иных наименований вырабатываемого ассортимента вин обусловлены соответствующими технологическими инструкциями. Так, если для приготовления шампанских виноделий лучшим считают виноград с сахаристостью 17–20 % и титруемой кислотностью 8–11 г/л, то для сладких вин сахаристость его должна быть не ниже 26 %. Принимаемый на переработку виноград должен характеризоваться выровненной зрелостью. Объединение перезревшего и недозревшего винограда для получения сусла с необходимыми кондициями недопустимо.

Таким образом, время сбора урожая конкретного сорта винограда в данных конкретных условиях местности становится возможным определить только в результате оценки хода созревания по динамике накопления отдельных веществ и руководствуясь критериям пригодности сырья для производства виноделий требуемого типа.

При организации контроля процесса созревания винограда необходимо всю площадь виноградных насаждений данного хозяйства разбить на однородные по рельефу и почвенным условиям участки, характеризующиеся равномерным созреванием урожая. В случае смешанных насаждений наблюдение хода созревания на данном участке ведут по каждому сорту винограда в отдельности. К наблюдениям за созреванием винограда приступают примерно за две недели до наступления его зрелости, проводят анализы в начале, через каждые 2–3 сут., а с приближением дня сбора – ежедневно.

Контроль хода созревания винограда может осуществляться как полевым, так и лабораторным методами.

Первый состоит в определении сахаристости сырья непосредственно на винограднике при помощи полевого рефрактометра. Этот метод следует применять при рекогносцировочных исследованиях состояния зрелости винограда, поскольку позволяет получить данные ориентировочного характера. Состояние зрелости винограда обследуемого участка устанавливают путем выведения средней сахаристости из полученных значений этого показателя для отдельных ягод исследуемого участка. Полевой метод установления степени зрелости винограда позволяет легко определять, насколько равномерно проходит его созревание, однако не даёт возможности оценить изменения кислотности сырья.

Вторым методом необходимо пользоваться при решении вопроса о назначении дня сбора урожая винограда, когда наряду с сахаристостью оценивают и кислотность доставляемой в лабораторию завода средней пробы винограда, отражающей состояние зрелости урожая на обследуемом однородном участке виноградника. В связи с этим вопросу отбора средней пробы винограда с участка должно уделяться особое внимание. В пробе следует представить грозди винограда различной степени зрелости в соотношении, отражающем состояние зрелости винограда на обследуемом участке.

Оценку сахаристости винограда проводят в подготовленном к анализу сусле, где сахар определяют по его плотности, устанавливаемой ареометром, либо по показателю преломления, измеренному рефрактометром. Кислотность сусла, выделенного из средней пробы, оценивают обратным титрованием в присутствии индикатора, либо электрохимическим путём.

Для характеристики метеорологических условий периода созревания винограда желательно, чтобы на основании данных ближайшей метеостанции велся график среднесуточной температуры с посуточными отметками на нем количества выпавших осадков. Обработав данные за ряд лет, можно сделать некоторые обобщения и ценные практические выводы [2].

Результат соотнесения содержания сахаров и кислотности сусла – это показатель степени технической зрелости урожая винограда, наступление которой традиционно является критерием оценки пригодности сырья к винификации и назначения сроков периода его уборки. Для белых сортов такой способ определения зрелости вполне подходит. Однако, помимо технической зрелости, технологической значимостью обладают ещё ароматическая и фенольная, определяемые составом кожицы и семян. Эти показатели также должны непременно браться в расчет при производстве высококачественных красных виноматериалов, ведь, в отличие от технологии белых, красным сортам зачастую требуется мацерация твёрдых частей ягоды в контакте с суслом, когда последние два показателя играют не последнюю, а порой, определяющую роль в формировании стиля и потенциала будущего вина.

Существует ряд методик, обладающих достаточно высокой точностью и применимых в практике виноградовинодельческих хозяйств для оценки фенольной зрелости винограда красных технических сортов. Так, методика, предложенная сельскохозяйственной Палатой Жиронды в Бордо, основанная на наблюдениях динамики накопления антоцианов виноградной ягодой, проста и недлительна в выполнении и позволяет с высокой точностью прогнозировать оптимальный период уборки урожая винограда красных технических сортов. Наблюдение динамики накопления антоцианов в соке виноградной ягоде позволяет установить момент наступления фенольной зрелости винограда по изменению количества свободных пигментов, незначительное снижение которого по достижении пика, связанное с началом перезревания, когда быстро увеличивается растворимость танинов кожицы винограда при одновременном понижении экстрактивности грубых танинов из семян, что обеспечивает производство полнотелых, сложных вин с мягкими танинами и гармоничным вкусом [3].

Широко применяется многими виноделами методика Глорис, также, характеризующаяся высокой точностью и позволяющая прогнозировать не только оптимальную дату уборки, но и сроки мацерации сусла на мезге, что, в свою очередь, позволяет, исходя из полученных данных о потенциале урожая с каждого отдельного участка, избрать

предпочтительное направление винификации сырья. Эта методика значительно более объёмна нежели предыдущая, поскольку кроме оценки количества антоцианов позволяет установить степень их экстрактивности, общий полифенольный потенциал исследуемого винограда и таким косвенным путём определить степень зрелости семян ягоды [4].

Степень корреляции фенольного состава красного винограда и свойств винома-териалов из него вырабатываемых исследован с применением этого метода незави-симо друг от друга отечественными [5] и зарубежными авторами [6, 7], которые сходятся во мнении о важности этого показателя для построения прогноза свойств будущих винома-териалов и характеристик исследуемых терруаров, однако ни в коем случае не является первостепенным и исчерпывающим для заключения о пригодности урожая винограда к сбору для дальнейшей винификации, выступая, при этом, важным, но всё же вспомогательным оценочным критерием.

Кроме этих методик на современном этапе развития научно-технического про-гресса предложен ряд способов оценки фенольной зрелости виноградной ягоды, осно-ванных на оптических или электрохимических взаимодействиях исследуемых веществ с сенсорной системой датчиков применяемой аппаратуры.

Так, разработан и предложен неразрушающий оптический способ контроля соз-ревания винограда методом проксимального зондирования с применением аппара-турно-программного комплекса Multiplex, используемого для мониторинга созревания винограда путем оценки динамики накопления антоцианов на основании эмпирических калибровочных кривых для содержания антоцианов в модельных растворах. Предло-жена общая модель влияния на исследуемые показатели доли красных ягод, содержа-ния антоцианов в кожице и размера ягод [8].

Другими авторами для количественной оценки фенольных веществ ягоды вино-града красных технических сортов разработаны и предложен к применению в произ-водстве вольтамперометрический, комплекс с датчиками, имеющих в своей основе на-ночастицы оксидов металлов ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{NiO}$  и  $\text{TiO}_2$ ), высокие электрокаталитические свой-ства которых по отношению к фенолам позволяют изготавливать датчики с пределами обнаружения в диапазоне  $10^{-8}$  М и коэффициентами вариации ниже 7 %. Сенсорная система, сконструированная с применением комбинации датчиков на основе наноча-стиц, способна к оценке количества фенольных веществ ягод винограда красных сор-тов от начала формирования до полного созревания. Кроме этого показателя, ком-плекс способен к оценке сахаристости и общей кислотности, с высокой степенью точ-ности. При этом, все три параметра могут анализироваться одновременно в ходе мо-ниторинга степени зрелости урожая винограда [9].

В модификации такой аналитической системы эти же авторы для мониторинга фенольной зрелости будущего урожая предлагают использовать в качестве чувстви-тельного элемента датчиков виноградную кожицу, покрывая углеродной пастой из неё поверхности угольных электродов. Авторы, опираясь на результаты своей практиче-ской работы, утверждают, что такое покрытие способно стать полноценной альтерна-тивной покрытию на основе наночастиц оксидов металлов [10].

Авторы описанных современных методик наблюдения динамики накопления фенольных веществ виноградной ягоды сходятся во мнении о важности проведения комплексного анализа состава биохимических компонентов виноградной ягоды для оценки пригодности урожая красных технических сортов винограда к винификации.

Таким образом, большинство исследователей и виноделов-практиков склонны при назначении сроков уборки урожая винограда красных сортов ориентироваться на комплексный показатель «энологической зрелости», принимающий в расчет содержа-ние сахаров, кислот, фенольных веществ в ягоде и, опираясь на него, определять тип винификации, длительность мацерации и прогнозировать стиль будущего вина. Во многом благодаря оценке этого показателя и грамотной его интерпретации сотрудни-кам винодельческого предприятия «Южная винная компания» (ЮВК), расположенном в ст. Вышестеблиевская на Таманском полуострове, удаётся производить российское вино неизменно высокого качества [11].



## Литература

1. Федеральный закон от 27 декабря 2019 г. № 468-ФЗ «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации». – URL : <https://rg.ru/2019/12/31/vino-dok.html> (дата обращения 05.06.2021).
2. Проектирование и строительство винодельческих предприятий с основами планирования и технологии отрасли / А.В. Кочерга [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2021. – 540 с.
3. Определение оптимальной даты урожая винограда для красных вин. – URL : <https://nashevino.ru/azbuka-vinodela-i-vinogradarya/opredelenie-optimalnoj-daty-urozhaya-vino-grada-dlya-krasnux-vin> (дата обращения 05.06.2021).
4. Glories Y., Augustin M. Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: application aux millésimes 1991 et 1992 // Actes du colloque: Journée technique du C.I.V.B. – Bordeaux, 21 janvier 1993. – P. 56–61.
5. Пробейголова П.А. Совершенствование биотехнологических приемов производства красных столовых виноматериалов : специальность 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Ялта, 2014. – 155 с.
6. Du Toit W.J., Visagie M. Correlations between south african red grape and wine colour and phenolic composition: Comparing the glories, iland and bovine serum albumin tannin precipitation methods // South African Journal for Enology and Viticulture. – 2012. – Vol. 33. – № 1. – P. 33–41.
7. Cadot Y. Influence de la date de vendange sur les composés phénoliques de la baie de raisin; conséquences pour la typicité du vin. – Montpellier Supagro, 2010. – 281 p.
8. Non-destructive optical monitoring of grape maturation by proximal sensing / N.B. Ghazlen [et al.] // Sensors. – 2010. – Vol. 10. – № 11. – P. 10040–10068.
9. Monitoring the phenolic ripening of red grapes using a multisensor system based on metal-oxide nanoparticles / C. Garcia-Hernandez [et al.] // Frontiers in Chemistry. – 2018. – Vol. 6. – № APR. – P. 131.
10. A different approach for the analysis of grapes: Using the skin as sensing element / R. Muñoz [et al.] // Food Research International. – 2018. – Vol. 107. – P. 544–550.
11. «Южная винная компания» (ЮВК). – URL : <https://ochakovo.ru/yuzhnaya-vinnaya-kompaniya-yuvk/> (дата обращения 05.06.2021)

## References

1. Federal'nyj zakon ot 27 dekabrja 2019 g. № 468-FZ «O vino-gradarstve i vinodelii v Rossijskoj Federacii» <https://rg.ru/2019/12/31/vino-dok.html> (data obrashhenija 05.06.2021).
2. Design and construction of wineries with the basics of planning and technology industry / A.V. Kocherga [et al.]. – 2nd ed., Rev. and add. – M. : Yurayt Publishing House, 2021. – 540 p.
3. Determination of the optimal harvest date of grapes for red wines. – URL : <https://nashevino.ru/azbuka-vinodela-i-vinogradarya/opredelenie-optimalnoj-daty-urozhaya-vino-grada-dlya-krasnux-vin> (accessed 05.06.2021).
4. Glories Y., Augustin M. Maturité phénolique du raisin, conséquences technologiques: application aux millésimes 1991 et 1992 // Actes du colloque: Journée technique du C.I.V.B. – Bordeaux, 21 janvier 1993. – P. 56–61.
5. Probejgolova, P. A. Sovershenstvovanie biotehnologicheskikh priemov proizvodstva krasnykh stolovykh vinomaterialov : special'-nost' 05.18.07 «Biotehnologija pishhevykh produktov i biologicheskikh aktivnykh veshhestv» : dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniczeskikh nauk / Probejgolova Polina Aleksandrovna. – Jalta, 2014. – 155 p. (Improvement of biotechnological methods of production of red table wine materials/)
6. Du Toit W.J., Visagie M. Correlations between south african red grape and wine colour and phenolic composition: Comparing the glories, iland and bovine serum albumin tannin precipitation methods // South African Journal for Enology and Viticulture. – 2012. – Vol. 33. – № 1. – P. 33–41.
7. Cadot Y. Influence de la date de vendange sur les composés phénoliques de la baie de raisin; conséquences pour la typicité du vin. – Montpellier Supagro, 2010. – 281 p.
8. Non-destructive optical monitoring of grape maturation by proximal sensing / N.B. Ghazlen [et al.] // Sensors. – 2010. – Vol. 10. – № 11. – P. 10040–10068.
9. Monitoring the phenolic ripening of red grapes using a multisensor system based on metal-oxide nanoparticles / C. Garcia-Hernandez [et al.] // Frontiers in Chemistry. – 2018. – Vol. 6. – № APR. – P. 131.
10. A different approach for the analysis of grapes: Using the skin as sensing element / R. Muñoz [et al.] // Food Research International. – 2018. – Vol. 107. – P. 544–550.
11. «Southern Wine Company» (SVK). – URL : <https://ochakovo.ru/yuzhnaya-vinnaya-kompaniya-yuvk/> (accessed 05.06.2021)

УДК 69

## УСИЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРА



## REINFORCEMENT OF STRUCTURES AFTER THE CONSEQUENCES OF A FIRE

**Себелева Арина Александровна**

студентка,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
arinaseb98@mail.ru

**Каранова Влада Владимировна**

студентка,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
karanovavl@gmail.com

**Аннотация.** В настоящее время ущерб, причиняемый пожарами, увеличивается с каждым годом. Последствия пожара приносят различный уровень физического износа. Усиление зданий позволяет не только продлить жизненный цикл, но и значительно улучшить качество строения и энергоэффективность.

**Ключевые слова:** обследование, разрушение конструкций, восстановление, температурный режим, стойкость бетона, степень повреждения, усиление.

**Sebeleva Arina Aleksandrovna**

Student,  
Kuban State Technological University  
arinaseb98@mail.ru

**Karanova Vlada Vladimirovna**

Student,  
Kuban State Technological University  
karanovavl@gmail.com

**Annotation.** Currently, the damage caused by fires is increasing every year. The consequences of a fire bring different levels of physical wear and tear. Strengthening buildings allows not only to extend the life cycle, but also to significantly improve the quality of the building and energy efficiency.

**Keywords:** inspection, destruction of structures, restoration, temperature regime, concrete resistance, degree of damage, reinforcement.

**В** строительных конструкциях зданий и сооружений используются различные конструкции, выполненные из материалов, обладающих различной пожарной опасностью.

Конструкции, выполненные из железобетона, кирпича, бетона способны в условиях пожара сопротивляться действию огня в течении продолжительного промежутка времени от нескольких десятков минут до нескольких часов, в зависимости от характера пожара.

Если пожар носит локальный характер (локальный пожар), то инженерное обследование строительных конструкций проводится одноэтапно. Если пожар носит объемный характер (объемный пожар), то инженерное обследование строительных конструкций следует проводить в три этапа, включающих:

1) подготовительные работы к проведению инженерного обследования (спредварительным выездом специалистов на объект);

2) визуальное обследование;

3) детальное инструментальное обследование.

Предварительное обследование проводится местной комиссией с целью:

– выяснения возможности пребывания людей и выполнения технологического процесса в здании после пожара;

– выявления полностью или сильно разрушенных конструкций, а также опасных зон для пребывания людей;

– принятия решения о дальнейших мерах, направленных на ликвидацию последствий пожара собственными силами или с привлечением специализированных организаций для проведения инженерного обследования и разработки проекта восстановления поврежденных пожаром конструкций и здания в целом;

– сбора и подготовки необходимых исходных материалов для проведения детального инженерного обследования поврежденных пожаром конструкций;

– принятия мер по ограничению (запрещению) доступа людей в зону действия пожара, за исключением специалистов, участвующих в ликвидации последствий пожара, по мере необходимости;

– организации работ по устройству страховочных опор, подмостей, лестниц и освещения в зоне пожара для безопасного проведения инженерного обследования поврежденных конструкций.

В зоне аварийного воздействия пожара все дефектные конструкции должны подлежать демонтажу и замене на новые конструкции. В зонах сильной и средней степени воздействия пожара необходимо проведение визуального и инструментального обследования железобетонных конструкций.

В зоне слабого воздействия пожара проведение инструментального обследования железобетонных конструкций после пожара не требуется.

Все поврежденные пожаром железобетонные конструкции требуют проведения восстановительных мероприятий. Усиление и восстановление поврежденных пожаром железобетонных конструкций должно осуществляться по специально разработанному проекту.

Возможность, целесообразность и выбор способа восстановительного ремонта или усиления поврежденных пожаром конструкций зависит от: состояния железобетонных конструкций (характера и степени повреждения);

– изменения фактических прочностных характеристик бетона и арматуры поврежденных конструкций;

– от эксплуатационных и проектных требований к нагрузкам, жесткости, габаритным размерам и пр.

– от экономической эффективности восстановления поврежденных пожаром конструкций по сравнению с возведением новых.

При пожарах большой интенсивности в ж/б конструкциях снижается прочность, уменьшаются размеры рабочего сечения, у арматуры появляются пластические деформации.

При нагреве до 100 °С сцепление гладкой арматуры с бетоном уменьшается на 25 %, а при 450 °С – сцепление нарушается полностью. После нагрева до температуры 500 °С значения прочности бетона и арматуры принимаются равными нулю.

В ж/б элементах бетон является достаточно огнестойким материалом, но при воздействии высоких температур снижаются его прочность и защитные свойства по отношению к арматуре. В арматуре появляются значительные пластические деформации.

В результате изгибаемые элементы получают недопустимые прогибы и чрезмерно раскрытые трещины, а внецентренно сжатые элементы теряют устойчивость.

После пожара оценивают степень повреждения конструкций:

Слабая – повреждения не снижающие несущей способности конструкций (следы сажи, копоти, шелушение поверхности бетона). Конструкции со слабой степенью повреждения подвергают косметическому ремонту

Средняя – Повреждения, снижающие несущую способность конструкций: изменение цвета бетона до розового и темно-желтого, обнажение арматуры, трещины шириной до 0,5 мм. При средней степени повреждения конструкции ремонтируют путем инъецирования трещин и наращиванием сечения бетона,

Сильная – повреждения, значительно снижающие несущую способность. Цвет бетона – желтый, сколы бетона до 30 % сечения элемента, обнажение 50 % арматуры, трещины шириной до 1 мм. При сильной степени повреждения конструкции усиливают введением дополнительных опор, наращиванием сечения бетона и арматуры.

Полная – критическое состояние конструкции: цвет бетона – желтый, сколы 30–50 % площади сечения элемента, обнажено 90 % арматуры, нарушена анкеровка, отрыв закладных и опорных деталей, прогибы свыше 1/50 пролета, трещины шириной более 1 мм. При полной степени повреждения восстановление нецелесообразно, конструкция требует полной или частичной замены.

Для оценки прочности конструкций необходимо установить расчетные параметры пожара:

- $T$  среды во время пожара;
- длительность горения;
- $t$  нагрева бетона и арматуры.

Их оценивают двумя методами:

Оценка экспериментально-теоретическим методом:

Температурный режим пожара определяется по внешнему виду и состоянию различных материалов, расположенных в зоне пожара. Роль играет цвет бетона, покрытие стен (краска), стекла, фурнитура дверей, трубы, радиаторы, столовые приборы.

Теоретическим методом рассчитывают параметры в зависимости от типа помещения, размера оконных и дверных проемов, и условий вентиляции. Взаимосвязь между продолжительностью горения и температурой пожара устанавливается по графикам.

Стойкость бетона к воздействию высоких температур устанавливают испытаниями по выявлению остаточной прочности образцов на сжатие, огневой усадки и термической стойкости.

Усиление поврежденных пожаром конструкций достигается:

- при сохранении прежних габаритных размеров – увеличением количества арматуры. При этом процент содержания арматуры не должен превышать максимально допустимое значение согласно СП 63.13330;

- увеличением сечений элементов путем одностороннего или двухстороннего наращивания железобетоном;

- устройством железобетонных трех, четырехсторонних обоем, рубашек;

- устройством разгружающих конструкций, подведенных под усиливаемую конструкцию, и работающих совместно с ней: распределительных балок, плитили ферм, а также кронштейнов, выносных опор, предварительно напряженной арматуры, предварительно напряженных распорок, тяжей, накладных хомутов.

При выполнении ремонтно-восстановительных работ первоочередной задачей является расчистка бетонных поверхностей, которая должна осуществляться путем удаление слабого, поврежденного пожаром, бетона, а также сажи и копоти с поверхностей бетонных и железобетонных конструкций.

Удаление слабого бетона должно производиться вручную, с помощью простукивания. Бетонных поверхностей конструкций молотком по всей площади поверхности. При этом откалывается трещиноватый, отслоившийся или осыпающийся слой бетона прочностью на сжатие не более 3 МПа, как правило, нагретый до температуры порядка и более 500 °С. Удаление поврежденного бетона следует производить на глубину до более прочного бетона, который не повреждается при простукивании поверхности молотком. Полости для повторного бетонирования следует вырубать прямоугольной формы.

После удаления слабого бетона должно производиться удаление мелких фрагментов, частиц и пыли с расчищенных бетонных поверхностей с применением металлических щеток или пескоструйной обработкой поверхностей.

Удаление сажи и копоти с бетонных поверхностей конструкций следует производить пескоструйной обработкой.

После удаления слабого бетона, пыли, сажи и копоти бетонные поверхности конструкций следует промыть водой под давлением.

Оголенные арматурные стержни и закладные детали перед бетонированием или сваркой следует очистить до ровной металлической поверхности механическим или химическим способом. Последнее должно быть обосновано в проекте восстановления здания.

При устройстве обоем, рубашек и наращивания бетона необходимо обеспечить надежное сцепление старого и нового бетона путем подготовки бетонной поверхности конструкции: устройством насечек (при наличии ровной бетонной поверхности), промывкой водой под давлением за 2–3 часа перед нанесением ремонтного слоя, пропиткой зон контакта старого бетона специальными клеевыми составами (например, бетон-контакт).

Нанесение ремонтных составов на разрушенные части железобетонных конструкций может быть осуществлено механизированным способом или вручную. Перекрытия в бетонировании слоев бетона не должны превышать 1 ч.

Поврежденные пожаром железобетонные колонны могут быть усилены односторонним, двухсторонним или трехсторонним наращиванием слоя армированного бе-

тона, замкнутым и монолитным и железобетонными рубашками, охватывающими колонну, или металлическими обоймами разных конструктивных решений.

При одностороннем, двухстороннем или трехстороннем наращивании сечения колонн дополнительная продольная арматура связывается с существующей арматурой усиленной колонны при помощи отгибов, «уток», коротышей, прямых или косых хомутов.

Основным способом усиления железобетонных колонн является устройство железобетонных «рубашек», которые армируются продольными стержнями и хомутами или спиральной обмоткой.

При пожарах большой интенсивности в ж/б конструкциях снижается прочность, уменьшаются размеры рабочего сечения, у арматуры появляются пластические деформации.

Таким образом, при проектировании усиления требуется учитывать тип пожара и его последствия, а так же деформационные характеристики материалов усиления для оценки напряженно-деформированного состояния усиленных элементов. Данное требование обеспечивает функционирование многокомпонентной системы как единого целого на период дальнейшей эксплуатации.

### Литература

1. Гарбусенко В.В. Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций.
2. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
3. Assessment of the level of ultra-high temperature effects on structural elements / E.N.Karpanina [et al.] // Acta Technica CSAV (Ceskoslovenska Akademie Ved). – 2018. – Vol. 63. – № 6. – P. 915–920.
4. Бурдакова А.В., Пермьяков М.Б. Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2013. – Т. 2. – № 71. – С. 220–223.
5. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Значение теплопереноса как свойство строительных конструкций в зданиях и сооружениях // Перспективы науки. – 2016. – № 9 (84). – С. 39–43.
6. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.
7. Леонова А.Н., Ищук Ю.П., Погодина П.В. Способы усиления плит перекрытия в зоне продавливания // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 339–344.
8. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Мониторинг энергоэффективных зданий // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы IX международной научно-практической конференции; Сочинский государственный университет, 2016. – С. 145–148.

### References

1. Garbusenko V.V. Accidents, defects and reinforcement of reinforced concrete and stone structures.
2. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of reinforcement of building structures with composite polymer materials at high and low temperatures // Prospects for science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
3. Assessment of the level of ultra-high temperature effects on structural elements / E.N.Karpanina [et al.] // Acta Technica CSAV (Ceskoslovenska Akademie Ved). – 2018. – Vol. 63. – № 6. – P. 915–920.
4. Burdakova A.V., Permyakov M.B. Actual problems of modern science, technology and education. – 2013. – Vol. 2. – № 71. – P. 220–223.
5. Karpanina E.N., Leonova A.N. The value of heat transfer as a property of building structures in buildings and structures // Prospects for science. – 2016. – № 9 (84). – P. 39–43.
6. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of reinforcing reinforced concrete columns // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
7. Leonova A.N., Ischuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods for strengthening floor slabs in the punching shear zone // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 1. – P. 339–344.
8. Karpanina E.N., Leonova A.N. Monitoring of energy efficient buildings // In the collection: Construction in coastal resort regions. Materials of the IX International Scientific and Practical Conference; Sochi State University, 2016. – P. 145–148.

УДК 69.059.32

## КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ УСИЛЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



## COMPOSITE MATERIALS USED IN THE REINFORCEMENT OF BUILDINGS AND STRUCTURES

**Терентьева Вера Сергеевна**  
студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
vetera.com@mail.ru

**Terentjeva Vera Sergeevna**  
Student,  
Kuban State University of Technology  
vetera.com@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные способы усиления конструкций композитными материалами. Описаны основные материалы, применяемые при производстве работ по усилению. Описывается последовательность монтажа композитных материалов, приводятся преимущества внешнего армирования.

**Annotation.** The article discusses modern methods of strengthening structures with composite materials. The main materials used in the production of reinforcement work are described. The sequence of installation of composite materials is described, the advantages of external reinforcement are given.

**Ключевые слова:** износ, реконструкция, усиление, композитные материалы, внешнее армирование.

**Keywords:** wear, reconstruction, reinforcement, composite materials, external reinforcement.

Поскольку Российская Федерация является страной приемницей советского союза, в наследство она так же получила все строения, находящиеся на ее территории. В нынешнее время большинство зданий и сооружений представляют из себя аварийные объекты ввиду накопления большого физического и морального износа. Часть из них, ввиду ненадобности, подлежит демонтажу и сносу, однако оставшаяся часть не утратила своего первоначального предназначения, либо была переоборудована под актуальные веяния и, в связи с этим, нуждается в реконструкции.

Одной из основных задач реконструкции является восстановление несущей способности конструкций, это может достигаться как путем замены ключевых узлов и изношенных элементов, так и усилением существующих. Материалам усиления и будет уделено внимание в данной статье, так как усиление, зачастую, экономически выгоднее, нежели полноценная замена конструкции. Существует как множество способов усиления строительных конструкций, так и разнообразие применяемых материалов.

Технологии усиления строительных конструкций можно классифицировать на две основные группы: традиционные и современные. Традиционные технологии предполагают установку металлических обоев, увеличение поперечного сечения конструкций, устройство дополнительной арматуры, замену конструкций и т.д. Одним из главных их преимуществ является дешевизна. Но при этом данный метод усиления сложен, отличается высокой трудоемкостью, и для его выполнения требуются большие затраты времени. Также к недостаткам можно отнести увеличение сечения конструкций.

Альтернативой классическому усилению железобетонных конструкций сталью является усиление композитными материалами. Эти материалы относительно новы и недавно вышли на отечественный рынок. В связи с этим рассмотрим основные материалы, используемые при усилении железобетонных конструкций.

На микроуровне композиционные материалы состоят из двух или более компонентов. Непрерывная фаза называется матрицей, а второй компонент – наполнителем, или армирующей фазой, которая служит для изменения в нужном направлении свойств матрицы.

Композиционные материалы могут иметь керамическую, металлическую или полимерную матрицу. Наполнитель в виде волокон обычно изготавливают из прочных и жестких материалов. Форма и размеры наполнителя являются одними из основных параметров, определяющих поведение композиционного материала под нагрузкой.

Одним из таких материалов является углеродное волокно. Углеродное волокно – материал, состоящий из тонких нитей диаметром 3–15 микрон, образованных преиму-

щественно атомами углерода. Атомы углерода объединены в микроскопические кристаллы, выровненные параллельно друг другу. Выравнивание кристаллов придает волокну большую прочность на растяжение.

Углеродные волокна характеризуются высокой силой натяжения, низким удельным весом, низким коэффициентом температурного расширения и химической инертностью.

Основные свойства: высокая технологичность, высокая прочность и жесткость, высокий модуль упругости.

Стекловолокно – это волокна или мононити, которые изготавливают из предварительно расплавленного неорганического стекла. Существует широкий ассортимент марок стеклянных волокон, так диаметр волокна может варьироваться в пределах от 0,1 до 100 микрометров, а длина достигать более 20 километров. От геометрических параметров, в том числе зависят свойства волокна. Существует два основных типа стеклянных волокон: непрерывное и шпательное. Первое обычно имеет больший диаметр (от 3 до 100 микрон) и длину (до десятков километров). Шпательное стекловолокно обладает диаметром от 0,1 до 20 микрометров и длиной от 10 до 500 миллиметров.

Особенности рассматриваемых волокон зависят от их химической природы, но в общем случае можно отметить их высокую теплостойкость и диэлектрические характеристики, низкую теплопроводность, низкое термическое расширение, высокую химическую стойкость и физико-механические свойства.

При кратком механическом воздействии стекловолокно работает подобно упругому хрупкому телу по закону Гука до полного разрушения. В случае продолжительных воздействий нагрузок на волокна деформации растут. Стекловолокна больших диаметров имеют большее сопротивление изгибу и кручению, но меньшую прочность на растяжение.

Стекловолокно по-прежнему широко применяется в современной промышленности. Основное назначение этих волокон – армирование других материалов и придание им ценных, прежде всего прочностных, свойств.

Арамидные волокна – это высокофункциональные химические волокна с характерными жесткими цепочками полимера. Их молекулы удерживаются сильными водородными связями, которые позволяют эффективно передавать механические нагрузки и дают возможность использовать цепочки с относительно низкой молекулярной массой.

Арамиды обладают некоторыми общими характеристиками, дающими им преимущество по сравнению с другими волокнами:

- высокая прочность;
- хорошая устойчивость к истиранию;
- хорошая устойчивость к воздействию органических растворителей;
- отсутствие электропроводности;
- отсутствие точки плавления;
- низкая воспламеняемость;
- хорошие показатели сохранения целостности ткани в условиях повышенных температур.

Эти уникальные характеристики объясняются комбинацией жестких молекул полимера со строго ориентированными кристаллами, а также сильным взаимодействием между цепочками полимера, создаваемым водородными связями.

Основным применением этих материалов при усилении существующих железобетонных конструкций является внешнее армирование. Внешнее армирование представляет собой наклеивание на железобетонную конструкцию изделий заводского изготовления из композитных материалов (ламинатов – полос или пластин различной длины, ширины и толщины, как правило, однонаправленно армированных) или послойное наклеивание термореактивными адгезивами изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холстов, сеток и других тканых материалов) с последующим отверждением и образованием однослойного или многослойного композитного материала.

Составными частями внешнего армирования служат клеевой состав, образованный отвержденным термореактивным адгезивом, однослойный или многослойный композитный материал, при необходимости, защитный слой, обеспечивающий защиту системы от воздействия повышенных температур, открытого пламени, ультрафиолетового излучения и механических повреждений.

Ламинаты (ламели) представляют собой готовые для устройства внешнего армирования конструкций многослойные полосы различной толщины и ширины, изготовленные в заводских условиях путем пропитки и горячего прессования.

На поверхность железобетонной конструкции наносится праймер, применяемый для предварительной подготовки основания железобетонной конструкции перед нанесением адгезива, на который в последующем наклеивают ламели или изделия из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холсты, сетки и другие тканые материалы).

Адгезив представляет собой клеящий состав из термореактивной смолы для наклейки ламинатов или пропитки и наклейки изделий из непрерывного углеродного или стеклянного волокна (холсты, сетки и другие тканые материалы) на основание железобетонной конструкции.

Подобная технология позволяет включить в совместную работу составные части системы и усиливаемую конструкцию.

При проектировании усиления конструкций углеволокном необходимо руководствоваться Сводом правил СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования».

Расчет конструкций, усиленные внешним армированием из композитных материалов, проводят по двум группам предельных состояний.

Основными прочностными и деформационными характеристиками композитных материалов для расчета железобетонных конструкций, усиленных внешним армированием из композитных материалов, являются нормативные значения:

- сопротивления растяжению,  $R_{f,n}$ ;
- модуля упругости при растяжении,  $E_{f,n}$ ;
- предельных относительных деформаций,  $\varepsilon_{f,ult,n}$ ;
- коэффициента поперечной деформации,  $\mu_{f,n}$ .

Проектирование внешнего армирования железобетонных конструкций должно осуществляться на основе результатов их натурного обследования и поверочного расчета.

В результате натурных обследований должны быть установлены: состояние конструкции, геометрические размеры конструкций, армирование конструкций, прочность бетона, вид и класс арматуры, ее состояние, прогибы конструкций, расположение трещин и ширина их раскрытия, размеры и характер дефектов и повреждений, действующие нагрузки, статическая схема конструкций.

К основным достоинствам усиления конструкций с помощью композитных материалов относятся:

- увеличение несущей способности строительных конструкций до 70 %;
- уменьшение трудовых и финансовых затрат; сокращение расходов на ремонт на 20–70 %;
- высокая скорость и простота выполнения работ, не требующих никаких дополнительных приспособлений;
- малый вес углеродных материалов (не утяжеляет усиливаемую конструкцию);
- возможность исправления ошибок при проектировании и строительстве;
- усиление конструкции любой формы и геометрии;
- сохранение исходных габаритов усиливаемой конструкции, высокая коррозионная стойкость углеродных материалов;
- долговечность;
- увеличение способности конструкции выдерживать ударные нагрузки;
- экологичность материалов;
- не искажает эстетический облик конструкции.

Несомненно, у рассматриваемого усиления имеются и недостатки. Кроме высокой стоимости самих элементов армирования, это и необходимость их защиты от огня. Дело в том, что температура стеклования клея составляет только 60 ... 650 °С, даже в случае самых лучших клеевых материалов. Поэтому необходимо очень тщательно готовить бетонную поверхность для обеспечения надежной анкеровки, а это и регламентные работы, которые необходимо проводить для усиления.



## Литература

1. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Правила проектирования. – 2014.
2. Берлин А.А. Современные полимерные композиционные материалы (ПКМ) // Соросовский Образовательный Журнал. – 2005. – С. 31.
3. Рязанцев В.Ю., Беляев В.А. Методы усиления и восстановления зданий и сооружений с использованием элементов внешнего армирования из углеволокна // Электронный журнал «Предотвращение аварий зданий и сооружений» (10.06.2021 г.).
4. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. – М. : Издательство «Стройиздат», 2007. – 184 с.
5. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
6. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
7. Леонова А.Н., Бибииков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 16–21.
8. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Скрипкина И.А. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 496–509.
9. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 329–333.
10. Леонова А.Н., Ищук Ю.П., Погодина П.В. Способы усиления плит перекрытия в зоне продавливания // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 339–344.

## References

1. SP 164.1325800.2014. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials // Design rules. – 2014.
2. Berlin A.A. Modern polymer composite materials (PCM) // Soros Educational Journal. – 2005. – 31 p.
3. Riazantsev V.Yu., Belyaev V.A. Methods of strengthening and restoration of buildings and structures using elements of external reinforcement from carbon fiber // Electronic Journal «Prevention of accidents of buildings and structures» (10.06.2021).
4. Shilin A.A., Pshenichny V.A., Kartuzov D.V. External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. – M. : Stroyzdat Publishing House, 2007. – 184 p.
5. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of strengthening of building structures by composite polymer materials in conditions of high and low temperatures // Prospects of science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
6. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their influence on the properties of materials // In the collection: Development and innovations in construction. Collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
7. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovations in construction. Collection of materials of the III International Scientific and Practical Conference. – 2020. – P. 16–21.
8. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of reinforcement of metal structures by composite materials under the influence of an aggressive environment // Bulletin of the MSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
9. Leonova A.N., Akritov Kh. E. Strengthening of wooden structures with composite materials // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 329–333.
10. Leonova A.N., Ishchuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods of strengthening floor slabs in the zone of penetration // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 339–344.

УДК 69.07

## УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

◆◆◆◆

### REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

**Чагина Анастасия Сергеевна**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
chaginanastasia@gmail.com

**Chagina Anastasia Sergeevna**

Student,  
Kuban State Technological University  
chaginanastasia@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности усиления колонн композитными материалами. Приведено сравнение эффективности усиления традиционными методами и метода с применением композитного материала.

**Annotation.** The article discusses the features of reinforcing columns with composite materials. Comparison of the efficiency of amplification by traditional methods and a method using a composite material is given.

**Ключевые слова:** причины разрушения конструкций, реконструкция, усиление железобетонных конструкций, усиление колонн, композитные материалы.

**Keywords:** causes of structural failure, reconstruction, reinforcement of reinforced concrete structures, reinforcement of columns, composite materials.

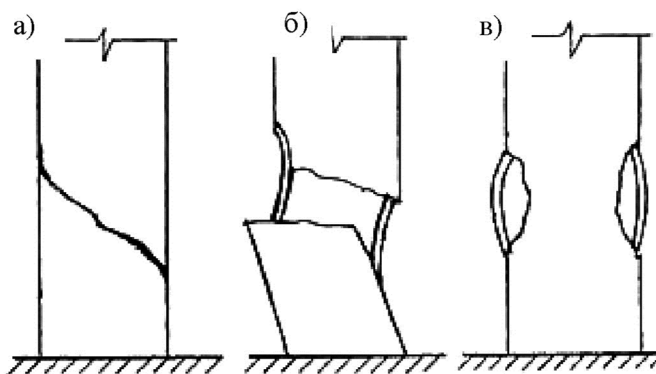
**Н**еобходимость в усилении колонн появляется при реконструкции объекта, перепланировке (т.е. изменении и увеличении нагрузок), в случае, если были обнаружены ошибки в проекте, а также при восстановлении конструкций (например, после аварий, пожара и стихийного бедствия) [1].

Все вышеперечисленные факторы вызывают в первую очередь разрушение бетона, при этом появляются различные деформации и происходит снижение несущей способности и безопасности конструкции.

Причины разрушения могут быть следующими [2, 3]:

- устаревание и постепенное разрушение. приводит к возникновению деформаций.
- ошибки в проектировании при расчете нагрузок. приводит к износу.
- нарушение технологий строительства. застройщик при возведении здания сэкономил на использовании бетона требуемого класса, заменив более дешевым и слабым, в итоге реальная несущая способность колонны может оказаться в разы меньше проектной.
- механические повреждения во время эксплуатации.
- воздействие агрессивной среды.

Некоторые виды разрушения колонн представлены ниже (рис. 1).



**Рисунок 1** – Типы разрушений железобетонных колонн: а) образование трещин; б) вырыв продольной арматуры из бетона и его разрушение; в) скалывание бетона и выпячивание арматуры

Работы по усилению следует проводить только после строительной экспертизы (обследование методом разрушающего контроля и взятием на лабораторный анализ

образцов бетона и арматуры) и при наличии положительного решения о необходимости данных работ (производятся необходимые расчеты нагрузок). Затем выбирается наилучший вариант проекта усиления, составляется перечень необходимых работ, подбирается спецоборудование (сами работы могут быть либо в виде капитального ремонта, либо в виде реконструкции).

Можно руководствоваться следующей блок-схемой (рис. 2) [4].

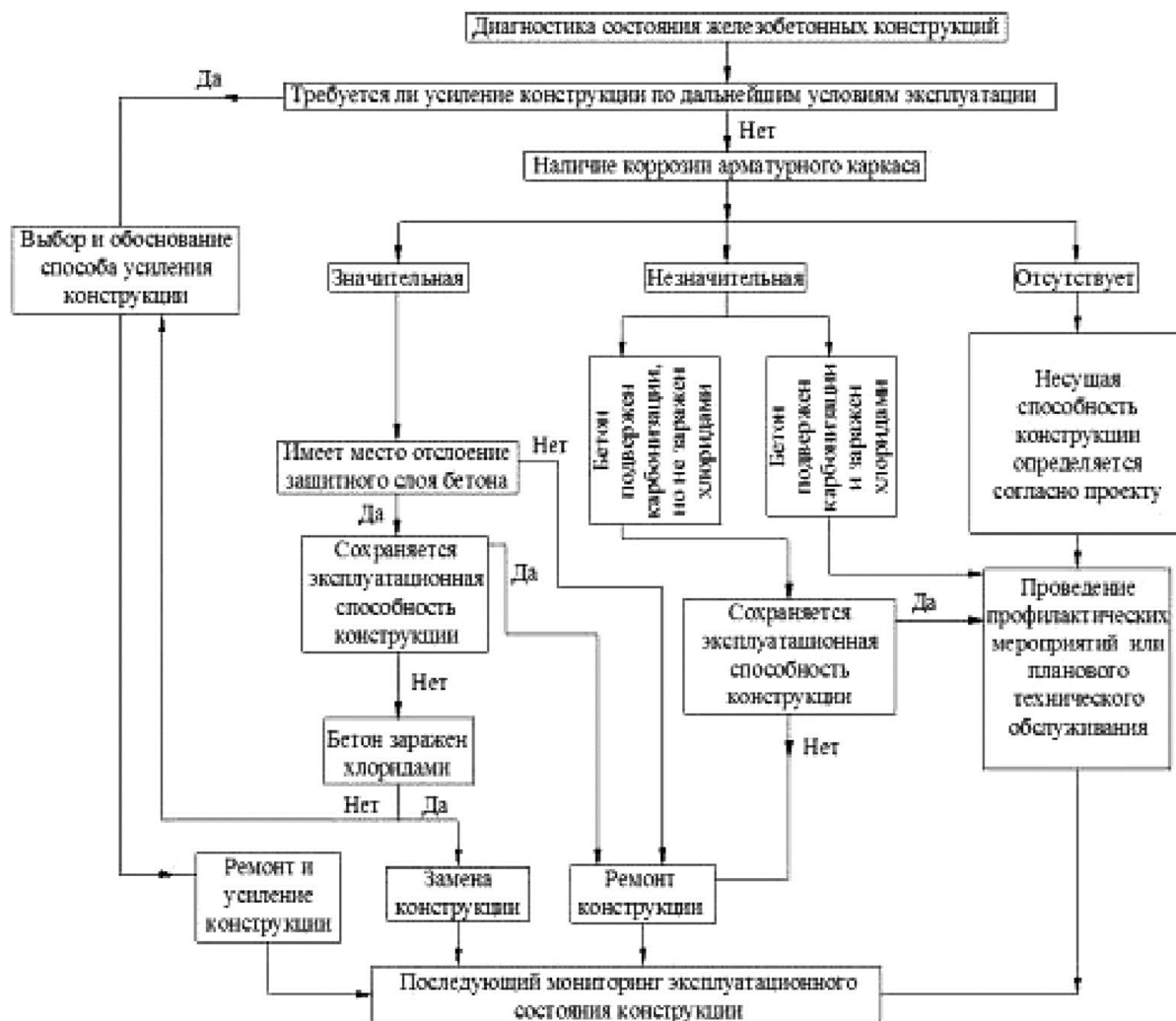


Рисунок 2 – Блок-схема для принятия решения о необходимости реконструкции железобетонной конструкции

Усиление колонны – это приведение её эксплуатационных характеристик к указанным в нормативах, т.е. восстановление таких характеристик, как жесткость, прочность, устойчивость и др.

Способы усиления железобетонной колонны [2, 3, 4, 5]:

- монтаж железобетонной рубашки. Усиление колонны производится путем монтажа каркаса из арматуры, который затем бетонируют;
- обжатие колонны стальной обоймой. На углах по всей длине монтируют стальные уголки, затем вся конструкция стягивается горизонтальными планками и опорными элементами;
- увеличение продольного армирования. К стержням в углах поперечного сечения приваривают дополнительные элементы, после конструкция бетонируется;
- усиление стальными пластинами;
- приклеивание КМФ по периметру конструкции (охватывающее усиление);
- усиление обоймой из полимербетонных композитных материалов.

1. Усиление колонн железобетонными обоймами еще выполняют сегодня, но эту технология уходит на второй план из-за трудоемкости и технологической сложности процесса. Чтобы произвести такие работы, необходимо сделать опалубку сначала на части высоты колонны и, заложив арматуру, залить бетон. Перед монтажом опалубки необходимо сбивать верхний слой бетона на колонне, но сцепление между новым и старым бетоном обеспечить трудно, следовательно, сложно гарантировать надежное усиление колонны. Кроме того, раствор технологически сложно качественно утрамбовать, что снижает качество выполняемой бетонной обоймы [6].

2. Усиление колонн обоймами из стали выполняется креплением на цементный раствор по четырем углам конструкции четырех стальных уголков на размер высоты колонны. Чтобы усиление колонн в дальнейшем было надежным, уголки стягиваются специальными хомутами. Усиление стальными обоймами повышает прочность бетона и его деформативность, предотвращает проскальзывание и изгиб внутренней продольной арматуры. Но этот способ усиления имеет недостатки: наружное расположение стальных обоев способствует развитию коррозии и снижению эффекта усиления; несовместимость деформационных характеристик стали и бетона [6].

3. Перед устройством необходимо осуществлять подготовку поверхности усиливаемой конструкции: очистить от загрязнений и пыли, жировых пятен; сделать насечки или поперечные шпонки; промыть водой, высушить, смочить перед бетонированием. При этом должно учитываться временное ослабление сечения сжатой зоны конструкции при насечке или устройстве шпонок.

Далее осуществляется приварка дополнительной сжатой арматуры к существующей арматуре усиливаемой конструкции. Коротыши и участки соединения скоб в сжатой зоне располагаются по длине конструкции с шагом не менее 200 и не более 500 мм.

Существенным минусом является то, что существует вероятность ослабления арматуры при сварке, поэтому в расчете это необходимо учитывать уменьшением на 15 % площади поперечного сечения существующей и дополнительной арматуры усиливаемой конструкции.

4. При усилении стальными пластинами (аналогично стальным обоймам) последние рассматривают как самостоятельные конструкции. Большой эффект усиления достигается при использовании преднапряженных обоев-распорок. Их применяют без разгрузки колонн. При проектировании принимают во внимание то, чтобы усилие от обоев усиления не продавило опорные поверхности перекрытий (покрытия) и не оторвало их от колонны.

5. Усиление композитными материалами в отличие от стали постепенно упруго деформируется вплоть до разрушения и, следовательно, оказывает возрастающее пассивное радиальное давление на бетон, находящийся под осевой нагрузкой [5]. Многие экспериментальные исследования установили, что прочность бетона в направлении действия максимального напряжения значительно возрастает [7]. При наклейке композитов к усиливаемой конструкции не допускается наличие неправильно закругленных краев холста и какие-либо местные неровности.

Основное преимущество данного способа – это относительная легкость композитного материала при довольно высокой прочности. Кроме того:

- композитные материалы довольно легко поддаются преднапряжению;
- нет необходимости применении в дополнительные устройств для стыкования материала усиления;
- можно применять для усиления любых по форме железобетонных конструкций;
- малая толщина полос композитного материала.

Но при своих положительных качествах данный тип усиления имеет и минусы [8]:

- низкой огнестойкостью;
- изменяют свои свойства при воздействии ультрафиолетового излучения;
- подвержены влиянию температурных колебаний (деформация ползучести).

6. Полимербетонные композитные материалы широко применяются для ремонта и усиления железобетонных конструкций в условиях агрессивной внешней среды благодаря их относительно высокой прочности, низкой проницаемости, износостойкости,

долговечности и стойкости к воздействию многих химических веществ. Но полимербетонные композитные материалы склонны к трещинообразованию при изменении объема в условиях ограничения свободы деформаций [7], [8].

### Литература

1. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Мониторинг энергоэффективных зданий // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы IX международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки РФ; Сочинский государственный университет, 2016. – С. 145–148.
2. Бадьин Г.М., Таничева Н.В. Усиление строительных конструкций при реконструкции и капитальном ремонте зданий: учеб. пособие. – М. : Изд-во Ассоц. Строит. Вузов, 2010 (Курган). – 111 с.
3. Юдина А.Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений: учеб. пособие. – М. : Академия, 2014. – 319 с.
4. Рекомендации по усилению и ремонту строительных конструкций и инженерных сооружений. – М. : ЦНИИПромзданий, 1997. – 180 с.
5. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
6. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.
7. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
8. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки, 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.

### References

1. Karpanina E.N., Leonova A.N. Monitoring of energy efficient buildings // In the collection: Construction in coastal resort regions. Materials of the IX International Scientific and Practical Conference. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Sochi State University, 2016. – P. 145–148.
2. Badin G.M., Tanicheva N.V. Strengthening of building structures during reconstruction and overhaul of buildings: textbook allowance. – M. : Publishing house of Assoc. Build. Universities, 2010 (Kurgan). – 111 p.
3. Yudina A.F. Reconstruction and technical restoration of buildings and structures: textbook allowance. – M. : Academy, 2014. – 319 p.
4. Recommendations for the strengthening and repair of building structures and engineering structures. – M. : TsNIIPromzdaniy, 1997. – 180 p.
5. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern methods of strengthening building structures with carbon composite materials // In the collection: Topical issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
6. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various reinforcement methods for reinforced concrete columns // The science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
7. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their effect on the properties of materials // In the collection: Development and innovations in construction. Collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
8. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of reinforcement of building structures with composite polymer materials at high and low temperatures // Prospects for Science, 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.



**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**



**SCIENCES ABOUT THE EARTH**





УДК 550.812 + 622.276

**ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
И АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ  
ЧЕРНОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**



**GEOLOGICAL AND FIELD CHARACTERISTICS  
AND ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF DEVELOPMENT  
OF THE CHERNOGORSKOYE FIELD**

**Абзалов Артур Венарисович**

студент направления подготовки  
21.03.01 «Нефтегазовое дело»,  
Ухтинский государственный технический университет  
mr.art-abzalov@yandex.ru

**Савенок Ольга Владимовна**

доктор технических наук, профессор  
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых  
месторождений и подземной гидромеханики,  
Ухтинский государственный технический университет  
olgasavenok@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается геолого-промысловая характеристика Черногорского месторождения. Приведены общие сведения о месторождении, представлены сведения о геологическом строении месторождения и залежей. Приводится физико-гидродинамическая характеристика продуктивных пластов. Описывается состояние разработки месторождения: основные этапы проектирования месторождения и сопоставление проектных и фактических показателей разработки.

**Ключевые слова:** тектоника и стратиграфия разреза, нефтегазоносность продуктивных пластов, физико-химические свойства пластовых жидкостей и газов, краткая характеристика проекта разработки, стадия разработки месторождения, динамика фонда скважин, показатели разработки месторождения.

**Abzalov Artur Venarisovich**

Student Training Direction 21.03.01  
«Oil and Gas Engineering»,  
Ukhta State Technical University  
mr.art-abzalov@yandex.ru

**Savenok Olga Vadimovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor of  
the Department of Development and  
Operation of Oil and Gas Fields and  
Underground Hydromechanics,  
Ukhta State Technical University  
olgasavenok@mail.ru

**Annotation.** The article discusses the geological and commercial characteristics of the Chernogorskoye field. Provides general information about the field, provides information about the geological structure of the field and deposits. Physical and hydrodynamic characteristics of productive formations are given. The state of field development is described: the main stages of field design and comparison of design and actual development indicators.

**Keywords:** tectonics and stratigraphy of the section, oil and gas content of productive formations, physical and chemical properties of formation fluids and gases, a brief description of the development project, field development stage, well stock dynamics, field development indicators.

**Общие сведения о Черногорском месторождении**

**М**есторождение открыто в 1959 году, введено в разработку в 1962 году и является одним из наиболее крупных на юге Тимано-Печорской провинции. Черногорское месторождение в административном отношении находится в Сосногорском районе Республики Коми, в 60 км к востоку от г. Ухта, характеризуется хорошо развитой инфраструктурой.

Ближайший к месторождению населенный пункт – посёлок Нижний Одес, расположен в Сосногорском районе. На территории района расположены нефтепровод «Нефтепечорск – Нижний Одес – Ухта», газопровод «Пунга – Вуктыл – Ухта». Нефть в нефтепровод подаётся с установки подготовки нефти (УПН), где происходит разгазирование и обезвоживание нефтеводогазовой смеси. Газ, выделившийся в процессе дегазации нефти, направляется в газосепаратор для улавливания капельной жидкости, затем на установку улавливания лёгких фракций (УЛЛФ). После УЛЛФ газ повторно направляется в газосепаратор ГС-1, после которого часть газа идёт на горелки подогревателей нефти. Излишки газа направляются в газопровод.

Газовый конденсат собирается в дренажной ёмкости, откачивается в ёмкость выветривания, в дальнейшем используется для обработки скважин и трубопроводов. Остаток конденсата закачивается в трубопровод нефти.

В географическом отношении месторождение расположено в пределах Печорской низменности на водоразделе крупных рек Печоры и её левого притока Ижмы. Территория месторождения расположена в таёжной зоне, в подзоне северной тайги.

### **Тектоника**

В тектоническом отношении Черногорское месторождение расположено в центральной части Тэбукской ступени Омра-Лыжской седловины Ижма-Печорской синеклизы. В структурном плане – это ассиметричная брахиантиклиналь широтного простирания, местами осложнённая локальными куполами.

В пределах рассматриваемого района протерозойский метаморфический фундамент имеет блоковое строение. Глубина до поверхности фундамента около 3000 м.

Ордовикско-силурийские отложения унаследовали строение сложнодислоцированного фундамента – периклинальные части структур осложнены серией тектонических нарушений флексурно-разрывного характера небольшой амплитуды.

Эйфельская толща в значительной степени нивелирует расчленённый ордовикско-силурийский рельеф, тектонические нарушения приобретают слабую выраженность в виде флексур, грабенообразных уступов и зон узких линейно вытянутых прогибов. Кровле эйфельского яруса соответствуют небольшие пережимы, не имеющие замкнутой формы.

На рубеже средне-позднефранского времени происходит существенная структурная перестройка, связанная с активизацией тектонических движений отдельных блоков структуры, что привело к сильной расчленённости рельефа морского дна и обусловило формирование шельфовой, рифогенной и депрессионной структурно-фациальных зон. На границах приподнятого (в центральной части структуры) и опущенных блоков происходит формирование рифогенных массивов барьерного типа.

Последующее заполнение глубоководной впадины привело к значительному нивелированию верхнефранского рельефа.

По подошве верхнефаменского подъяруса структура принимает ещё более сглаженную форму рельефа, несколько смещаясь сводовой частью в восточном направлении. По основным маркирующим горизонтам, структура имеет в целом унаследованное развитие и характеризуется выполаживанием рельефа поверхностей отложений вверх по разрезу.

В геологическом строении Черногорского месторождения принимают участие породы фундамента и осадочные образования палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста, толщиной до 3006 м (скважина № 300). Основные продуктивные горизонты приурочены к девонским отложениям.

Породы фундамента в районе месторождения представлены преимущественно метаморфическими сланцами и сланцево-эффузивными комплексами рифейско-вендского возраста, прорванными в отдельных местах интрузиями различного состава.

### **Стратиграфия разреза**

**Ордовикская система – О.** Сложнодислоцированные протерозойские образования с угловым несогласием перекрываются ордовикскими отложениями осадочного чехла.

В основании залегает пачка белых песчаников, согласно перекрытая песчано-алевролитом-аргиллитовыми красноцветными образованиями. Выше по разрезу с перерывом залегает аргиллитом-алевролитовая пачка. Разрез ордовикских отложений завершается пестроцветными терригенно-сульфатно-карбонатными образованиями (доломиты, доломитовые мергели и алевролиты).

Общая толщина отложений ордовикской системы – около 1000 м, в скважине № 300 она составляет 975 м.

**Силурийская система – S.** Отложения силурийской системы представлены, в основном, вторичными пористо-кавернозными и массивными доломитами, частично глинистыми и доломитизированными известняками. Толщина их в пределах месторождения изменяется от 0 до 120 м, в скважине № 300 составляет 65 м.

**Девонская система – D.** Девонские отложения в районе месторождения присутствуют в объёме среднего и верхнего отделов. Они с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на размывтой поверхности более древних отложений.

Отложения среднего девона ( $D_2$ ) в объёме эйфельского ( $D_{2ef}$ ) и живетского ( $D_{2zv}$ ) ярусов представлены преимущественно терригенными породами (чередованием песчаных и глинистых пластов).

Эйфельский ярус ( $D_{2ef}$ ) включает в себя:

- нижний базальный пласт песчаников койвенского горизонта (продуктивный пласт III);
- песчаники бийского горизонта (пласт IIб);
- глинисто-карбонатная пачка кедровского горизонта, залегающая в кровле пласта IIб;
- продуктивный песчаный пласт IIа омринского горизонта.

По своему составу песчаники Iв пласта близки к песчаникам эйфельского яруса. Развита в основном на восточной периклинали структуры. Толщина отложений старооскольского горизонта ( $D_{2zv}$ ) изменяется от 0 вблизи западной границы (район скважин №№ 9-107) до 39 м в скважине № 622.

Отложения верхнего девона ( $D_3$ ) присутствуют в объёме франского ( $D_{3f}$ ) и фаменского ( $D_{3fm}$ ) ярусов.

Франский ярус ( $D_{3f}$ ) присутствует в объёме нижнего + среднего и верхнего подъярусов.

В составе нижнего + среднего подъярусов выделяются джьерский, тиманский + саргаевский и доманиковый горизонты.

Джьерский горизонт ( $D_{3dzt}$ ) вмещает литологически невыдержанные песчано-алевролитовые пласты Ia и Ib и разделяющие и подстилающие их глинистые перемишки.

Отложения нерасчленённых тиманского и саргаевского горизонтов ( $D_{3tm+sr}$ ) представлены преимущественно глинами с прослоями алевролитов, мелкозернистых кварцевых песчаников и глинистых известняков.

Толщина поддоманиковой толщи в пределах месторождения составляет 70-80 м.

Отложения доманикового горизонта ( $D_{3dm}$ ) представлены глинисто-карбонатными отложениями доманиковой фации.

В составе верхнефранского подъяруса выделены ветласянский, сирачойский горизонты, а также ухтинская и усть-ухтинская свиты.

Отложения ветласянского ( $D_{3vt}$ ) и сирачойского ( $D_{3src}$ ) горизонтов, также как и нижележащего доманикового горизонта, представлены глинисто-карбонатными отложениями доманиковой фации.

Толщина доманикоидной составляет около 50 м.

Ухтинская и Усть-Ухтинская свиты верхнефранского подъяруса имеют двучленное строение.

Ухтинская (преимущественно терригенная) толща характеризуется постепенным уменьшением толщины терригенных отложений с запада на восток от 220 до 35 м. В этом же направлении происходит увеличение мощности вышележащих карбонатных пород этой же свиты от 10–15 до 100 м. Карбонатная толща представлена известняками, местами неравномерно глинистыми и сульфатизированными, а также доломитами.

Усть-Ухтинская (преимущественно карбонатная) толща так же, как и ухтинская толща, характеризуется невыдержанностью. Толщина терригенной усть-ухтинской свиты изменяется от 30 м на востоке до 100–120 м в средней части месторождения. Залегающая на глинистых образованиях карбонатная толща усть-ухтинской свиты в центральной части замещается (230–320 м) рифогенной, далее к востоку также переходящей в доманикоидную (около 30 м толщиной).

Толщина ухтинской и усть-ухтинской свит составляет 80–400 м.

Фаменский ярус –  $D_{3fm}$  присутствует в объёме двух подъярусов: нижнего и среднего.

Нижнефаменский подъярус –  $D_{3fm_1}$  выделяется в составе задонского и елецкого горизонтов. Задонский горизонт –  $D_{3zd}$  в нижней части представлен преимущественно глинистыми породами, в верхней – карбонатным пластом. В промысловой практике

этот пласт совместно с нижележащими усть-ухтинской и ухтинской пачками представляет собой единый эксплуатационный объект, индексируемый пластом «Ф<sub>2</sub>». Перекрывается продуктивный пласт Ф<sub>2</sub> относительно выдержанной по площади и толщине 25–30 метровой глинистой пачкой, известной под названием репера «Г» и являющейся надёжной покрывкой нижележащей залежи нефти.

Елецкий горизонт – D<sub>3e1</sub> залегает выше репера «Г». Преимущественно карбонатная толща елецкого горизонта представлена чередованием плотных и проницаемых пластов известняков в различной степени глинистых с прослоями аргиллитов и мергелей. Литологически – это преимущественно плотные и глинистые известняки с локальным развитием проницаемых разностей карбонатных пород, местами нефтенасыщенных.

В геологоразведочной практике проницаемые пласты индексируются как пласты Ф<sub>1</sub> – Ф<sub>4</sub>, которые за исключением нижнего (Ф<sub>1</sub>) на месторождении водонасыщены. Нижний продуктивный пласт Ф<sub>1</sub> литологически представлен преимущественно светло-серыми порово-кавернозными кристаллическими известняками и вторичными доломитами, иногда брекчиевидными, трещиноватыми. В средней части пласта, сложенной плотными, иногда глинистыми известняками, выделяются пропластки листоватых аргиллитов. Толщина пласта изменяется от 10 до 25 м.

Среднефаменский подъярус – D<sub>3fm2</sub> представлен усть-печорским горизонтом – D<sub>3up</sub>, присутствующим на площади месторождения не в полном объёме вследствие стратиграфического срезания его верхней части. В составе усть-печорского горизонта выделяется продуктивный пласт Ф<sub>0</sub>, представленный неравномерно пористыми и кавернозными известняками и доломитами. В нижней части разреза среди известняков, в различной степени доломитизированных, и доломитов встречаются линзовидные прослои ангидритов.

В верхней – развиты доломиты мелко- и тонкозернистые, в различной степени известковистые. Присутствуют также прослои аргиллитов, а в кровле пласта нередко 1–2 метровые пропластки ангидрита. Породы пласта неравномерно сульфатизированные и пиритизированные. Характерно наличие трещин, каверн, стилолитовых швов.

Толщина отложений нижнефаменского подъяруса изменяется от 230 до 550 м среднефаменского подъяруса – от 60 до 100 м.

**Каменноугольная система – С.** В разрезе нижнего отдела каменноугольной системы выделяются визейские (С<sub>1v</sub>) и серпуховские (С<sub>1s</sub>) отложения, представленные неравномерно выщелоченными и сульфатизированными известняками и доломитами, с гнездами и прожилками гипса и ангидрита, местами глинистыми. В основании разреза отмечается прослой пестроцветных глин поздневизейского возраста. Толщина отложений нижнего карбона 60–80 м.

Средний отдел каменноугольной системы представлен в объёме башкирского и московского ярусов.

Башкирский ярус – С<sub>2b</sub> сложен доломитами, доломитизированными и водорослевыми известняками, неравномерно сульфатизированными и окремнёнными, с пропластками глин. Толщина этих отложений – 20–35 м.

Московский ярус (С<sub>2m</sub>) в нижней части сложен глинами и мергелями, переслаивающимися с известняками детритовыми, неравномерно глинистыми, выщелоченными. Верхняя часть представлена доломитами трещиноватыми и кавернозными, неравномерно выщелоченными и окремнёнными и известняками детритовыми и органогенно-обломочными. Толщина среднего отдела около 150 м.

Разрез верхнего отдела каменноугольной системы представлен однообразной толщей преимущественно водорослево-фораминиферовых и доломитизированных известняков, толщина 80–100 м.

**Пермская система – Р.** Нижнепермские отложения присутствуют в объёме ассельско-сакмарского (Р<sub>1a+s</sub>), артинского (Р<sub>1ar</sub>) и кунгурского (Р<sub>1k</sub>) ярусов. Нижняя часть разреза представлена преимущественно органогенными и доломитизированными известняками с редкими прослоями глин, верхняя часть сложена переслаивающимися глинами, гипсами и оолитовыми известняками. Толщина отложений ассельско-сакмарского яруса 128–150 м, артинского яруса – 12–22 м, кунгурского – 10–40 м.

Верхний отдел пермской системы имеет толщину 420–500 м и представлен толщей красноцветных, местами зелёно-серых глин с прослоями кварцевых и полимиктовых песчаников.

**Юрская система** – **J**. Отложения юрской системы представлены терригенными породами – глинами с прослоями песков и песчаников. Толщина отложений изменяется в пределах 110–180 м.

**Четвертичная система** – **Q**. Разрез четвертичной системы сложен серыми плотными глинами и суглинками с прослоями кварцевых песков с галькой, гравием и валунами. Толщина четвертичных образований, вскрытых скважинами Черногорского месторождения, составляет 20–40 м.

### **Нефтегазоносность продуктивных пластов**

Нефтегазоносность разреза приурочена к средне- и верхнедевонским отложениям и представлена двумя этажами: нижним (терригенным), который является базисным и содержит более 65 % числящихся на государственном балансе начальных балансовых запасов месторождения и верхним (карбонатным).

*Нижний эксплуатационный объект.* В составе терригенной толщи месторождения выделены следующие продуктивные пласты: III+IIб, IIa, Ib в пределах среднего девона и пласты Ia и Ib в отложениях верхнего девона. По типу резервуара залежи в терригенных отложениях девона – пластовые. По типу ловушек относятся к структурно-стратиграфическим и литологически экранированным. Тип коллектора поровый. Разрез терригенных продуктивных пластов представлен переслаиванием песчаников койвенского, бийского, омринского, старооскольского и джьерского горизонтов, алевролитов, аргиллитоподобных глин.

Средняя глубина залегания залежей от 1890 до 1975 м. Продуктивные пласты характеризуются средней пористостью, достаточно высокой проницаемостью, невысокой расчленённостью.

Залежи пласта III+IIб представлены одним-двумя песчано-алевролитовыми прослоями, разделёнными глинистыми перемычками, лишь отдельные участки пласта имеют число прослоев до 12 (скважина № 318/2). Коэффициенты расчленённости и песчаности соответственно равны 4,1 и 0,76 доли ед.

*Верхний эксплуатационный объект.* Промышленная нефтегазоносность объекта связана с доманиково-турнейским карбонатным комплексом (карбонатными отложениями елецкого+задонского и усть-печорского горизонтов).

Объект объединяет в себе залежи нефти карбонатных отложений верхнефранского (пласт Ф<sub>2</sub>) и нижнефаменского (пласт Ф<sub>1</sub>) ярусов, залегающих на глубине 1450–1500 м. Кроме того, осуществляется пробная эксплуатация залежи нефти верхнего фамена (пласт Ф<sub>0</sub>).

В карбонатных отложениях девона залежь пласта Ф<sub>2</sub> пластово-массивная и объединяет порово-каверново-карстовый массивный резервуар верхнефранского рифа с широко развитыми в нём трещинами, залежь пласта Ф<sub>1</sub> пластовая сводовая является наиболее крупной в верхнем этаже нефтеносности.

### **Физико-химические свойства пластовых жидкостей и газов**

Характеристика пластовых флюидов Черногорского месторождения определена на основании исследований глубинных проб из скважин, расположенных в различных частях залежей.

Нефть залежи пласта III+IIб охарактеризована 24 глубинными пробами, отобранными до начала разработки в скважинах №№ 1, 2, 8, 14, 16, 17, 25, 56 и 16 глубинными пробами, отобранными после начала разработки в этих же скважинах.

Пластовая нефть из отложений III+IIб (западный участок) характеризуется плотностью 0,745–0,775 г/см<sup>3</sup>, вязкостью от 1,3 до 2,1 мПа·с. Объёмный коэффициент по данным ДР изменяется от 1,197 доли ед. (скважина № 17) до 1,24 доли ед. (скважина № 16), при принятом значении – 1,23.

Дегазированная нефть лёгкая, плотностью от 0,842 до 0,850 г/см<sup>3</sup>, смолистая (8,42 % масс.), парафинистая (4,14 % масс.), сернистая (0,70 % масс.), с высоким содержанием фракций, выкипающих до 200 °С (28 %). Кинематическая вязкость при 20 °С – 14,21 мм<sup>2</sup>/с (ОР). Температура застывания нефти от минус 4 °С до минус 11 °С.

Газосодержание нефти при однократном разгазировании изменяется от 85,8 до 102,8 м<sup>3</sup>/т (среднее значение 94,4 м<sup>3</sup>/т), принятое значение – 81,0 м<sup>3</sup>/т при дифференциальном разгазировании.

Растворённый газ по результатам ОР имеет плотность 1,473 кг/м<sup>3</sup>, относительную плотность по воздуху – 1,222 доли ед., молекулярную массу 35,2. Газ содержит (% мол): углекислого газа – 0,76, азота – 12,1, метана – 32,3.

Пластовая нефть из отложений III+IIб Ваньюского участка имеет плотность от 0,768 до 0,770 г/см<sup>3</sup>, вязкость – от 1,6 до 1,9 мПа · с. Газосодержание при дифференциальном разгазировании изменяется от 58,7 до 60,9 м<sup>3</sup>/т, объёмный коэффициент (ДР) – от 1,19 до 1,24 доли ед., при принятом значении 1,22.

Дегазированная нефть лёгкая, плотностью 0,850 г/см<sup>3</sup>, смолистая (6,90 % масс.), парафинистая (4,25 % масс.), сернистая (0,69 % масс.). Среднее значение кинематической вязкости при 20 °С – 14,72 мм<sup>2</sup>/с (ОР). Следует отметить, что в скважине № 56 температура застывания нефти доходит до минус 22,5 °С, что объясняется несколько пониженным содержанием парафина в нефти вблизи стратиграфического экрана продуктивных пластов. Газ, выделившийся при однократном разгазировании нефти, имеет плотность 1,463 кг/м<sup>3</sup>, плотность относительную по воздуху – 1,214 доли ед., содержит азот (15 % мол), углекислый газ (0,1 % мол), метан (30,5 % мол).

Нефть залежи в пласте IIa охарактеризована пятью глубинными пробами из двух скважин (скважины №№ 7 и 25), отобранным в период разведки и шести пробам из четырёх скважин (скважины №№ 7, 25, 26 и 35) после начала разработки залежи.

Среднее значение плотности пластовой нефти – 0,744 г/см<sup>3</sup>, динамической вязкости – 1,4 мПа · с. Объёмный коэффициент по данным дифференциального разгазирования составил 1,24 доли ед.

Дегазированная нефть лёгкая, плотностью от 0,839 до 0,860 г/см<sup>3</sup> при среднем значении 0,851 г/см<sup>3</sup>. Содержание смол 6,30 % масс., серы – 0,88 % масс., парафина – 3,78 % масс.

Газосодержание нефти при дифференциальном разгазировании равно 83,2 м<sup>3</sup>/т. Кинематическая вязкость при 20 °С – 14,1 мм<sup>2</sup>/с при ОР.

Растворённый газ по результатам ОР имеет плотность 1,421 кг/м<sup>3</sup>, относительную плотность по воздуху – 1,18 доли ед., молекулярную массу 34,5. Газ содержит азот (11,9 % мол.), углекислый газ (0,58 % мол.), метан (34 % мол.).

Нефть залежи пласта Ib+Iv (восточная периклиналь) охарактеризована глубинной пробой нефти из интервала 1950,0-1968,8 м, взятой в скважине № 314.

Плотность пластовой нефти 0,724 г/см<sup>3</sup>, вязкость – 1,2 мПа · с. Газосодержание нефти и объёмный коэффициент соответственно равны 102,5 м<sup>3</sup>/т и 1,33 доли ед. по данным ДР.

Дегазированная нефть имеет плотность 0,848 г/см<sup>3</sup>. Кинематическая вязкость нефти при 20 °С – 17,18 мм<sup>2</sup>/с при ОР. Компонентный состав следующий (% масс.): асфальтены – 1,24; смолы – 6,74; парафины – 2,7; сера – 0,8.

Растворённый газ, выделившийся при однократном разгазировании нефти, содержит (% мол.): углекислого газа – 0,2, азота – 9,61, метана – 36,27. Плотность газа составляет 1,405 кг/м<sup>3</sup>, молекулярная масса – 33,89, плотность газа относительная по воздуху – 1,166 доли ед.

Из пластов Ia и Ib (западный участок) глубинные пробы нефти не отбирались, состав и свойства флюидов этих залежей приняты по аналогии с пробой нефти из залежи Ib+Iv (восточная периклиналь).

Пластовые воды продуктивных терригенных отложений Черногорского месторождения представляют термальные рассолы хлоркальциевого типа (по Сулину В.А.) с минерализацией, достигающей 248,2 г/л. Плотность пластовой воды изменяется в пределах 1,09-1,17 г/см<sup>3</sup>, общая жёсткость изменяется от 794,72 до 1615,11 мг-экв./л; реакция вод от весьма кислой до нейтральной (рН = 2,0-7,0). Содержание йода и

брома достигает промышленно-кондиционных значений. Йода в пластовой воде содержится от 3,81 до 11,34 мг/л (в среднем 7,50 мг/л); среднее содержание брома 681,81 мг/л при колебании от 139,5 до 981,74 мг/л.

Содержание сероводорода изменяется от 0,24 до 35,0 мг/л.

Нефти залежи пласта  $\Phi_2$ . Из пласта  $\Phi_2$  исследована глубинная проба из скважины № 44, отобранная в 1964 году, и 2 глубинные пробы из скважины № 153, извлечённые в 1967 году.

Нефть в пластовых условиях ( $P_{пл} = 13,1$  МПа,  $t_{пл} = 40$  °С) сильно недонасыщена газом ( $P_{нас} = 5,08$  МПа). Принятые для пласта значения составляют: плотности –  $0,858$  г/см<sup>3</sup>, вязкости –  $26,0$  мПа · с.

Нефть в стандартных условиях относится к классу тяжёлых –  $0,889$  г/см<sup>3</sup> и высоковязких –  $56,3$  мПа · с.

Нефть является парафинистой, смолистой и сернистой. В нефти содержится парафинов – 3,0 %, смол силикагелевых – 13 %, асфальтенов – 3 % и серы – 1,5 %.

Температура начала кипения – 58 °С. До 100 °С выкипает в среднем – 3 %, до 200 °С – 19,1 %, до 300 °С – 39,3 %. Объёмный коэффициент по данным ОР нефти равен 1,054.

Характерным для растворённого газа является высокое содержание азота – 68,4 % об. Ярко выражены агрессивные свойства – сероводорода содержится 0,44 % об. Плотность газа составляет  $1,266$  т/м<sup>3</sup> по данным ОР, относительная плотность газа по воздуху – 1,051 доли ед.

Нефть залежи пласта  $\Phi_1$  охарактеризована двумя глубинными пробами из скважины № 13 на этапе разведки и пятью глубинными пробами из скважин №№ 43 и 47 – в процессе разработки. Кроме того, из скважин №№ 13, 16, 14/2 и 47 исследовано 7 устьевых проб.

Нефть в пластовых условиях ( $P_{пл.нач.} = 13,3$  МПа,  $t_{пл} = 40$  °С) сильно недонасыщена газом ( $P_{нас} = 6,5$  МПа). Плотность пластовой нефти равна  $0,824$  г/см<sup>3</sup>, вязкость –  $10,4$  мПа · с.

По данным ОР газосодержание изменяется от 24,9 до 34,0 м<sup>3</sup>/т, по данным ДР – изменяется от 16,5 до 22,5 при принятом значении –  $20,3$  м<sup>3</sup>/т.

Объёмный коэффициент по данным ДР изменяется от 1,05 до 1,085 при среднем значении 1,063.

Нефть в стандартных условиях относится к классу средних –  $0,865$  г/см<sup>3</sup> ( $0,846$ – $0,878$  г/см<sup>3</sup>), повышенной вязкости –  $26,5$  мПа · с ( $24,65$ – $26,5$  мПа · с).

Нефть является парафинистой, смолистой, сернистой. В нефти содержится: парафинов – 4,6 %; смол силикагелевых – 12,6 %; асфальтенов – 4,6 % и серы – 1,10 %. Температура плавления парафина равна 50 °С.

Температура начала кипения составляет в среднем 54 °С. До 100 °С выкипает в среднем – 6,0 %, до 200 °С – 24,5 %, до 300 °С – 42,0 %.

Растворённый газ содержит: азота – 19,55 % об., углекислого газа – 0,3 % об., метана – 31 % об., пропан-пентановой фракции – 37,55 % об., гелия – 0,03 % об. Относительная плотность газа по воздуху составляет 1,215 доли ед.

Нефть залежи пласта  $\Phi_0$  изучена только по устьевым пробам (скважины №№ 151, 162 и 167) ввиду глубинно-насосного способа эксплуатации.

Нефть в стандартных условиях относится к классу тяжёлых –  $0,90$  г/см<sup>3</sup>, высоковязкая –  $67$ – $100$  мПа · с.

По компонентному составу нефть характеризуется как сернистая (1,5 %), смолистая (46–58 %), парафинистая, с содержанием легких фракций 13–23 % и растворённого сероводорода в попутном газе – 6,76 мг/л (0,44 %).

Пластовые воды продуктивных карбонатных отложений месторождения – термальные рассолы хлоркальциевого типа (по Сулину В.А.), хлоридно-натриевого состава с минерализацией свыше 200 г/л, плотностью  $1,060$ – $1,240$  г/см<sup>3</sup>. Реакция вод от кислой до нейтральной (рН = 3,75 – 7,5). Микрокомпоненты (йод, бром и др.) в подземных водах верхнедевонских отложений содержатся в повышенных концентрациях, однако их содержание более низкое, чем в нижележащем комплексе. Содержание йода колеблется от 1,90 до 15,20 мг/л и при среднем значении 6,76 мг/л; брома – от 138,53 до 433,08 мг/л при среднем значении 310,07 мг/л.

### Краткая характеристика проекта разработки

Для поддержания добычи нефти на Черногорском месторождении в период 2016–2019 гг. проведён ряд геолого-технических мероприятий, направленных на улучшение работы добывающих и нагнетательных скважин и снижения темпа падения добычи нефти, регулирование процессов разработки.

Из физических методов по добывающим скважинам применялись малоэнергетичный разрыв пласта (МЭРП), дострелы пластов объектов, одно мероприятие по переводу скважины на другой объект, реперфорация ранее вскрытых интервалов, из гидродинамических методов – форсирование (оптимизация) отборов жидкости, ввод скважин в эксплуатацию за счёт переводов с других категорий.

Для ограничения водопритока в скважинах проводились ремонтно-изоляционные работы (РИР).

С целью интенсификации добычи использовались обработки призабойных зон (ОПЗ) скважин различными химреагентами и композициями. По группе химических методов воздействия проводились различные виды кислотных обработок.

По нагнетательному фонду наиболее широкое применение имели технологии, направленные на увеличение приёмистости скважин и выравнивания профиля приёмистости. Виды выполненных мероприятий, их количество и эффективность приведены в таблице 1.

**Таблица 1** – Виды выполненных мероприятий, их количество и эффективность

Мероприятия	Количество операций	Технологическая эффективность		
		тыс. тонн	тонн/сут.	успешность, %
МЭРП	19	48,9	1,7	100
Дострелы пластов	15	90,7	4,3	100
Реперфорация	35	80,1	2,4	94,3

Для повышения нефтеотдачи пластов использовались химические (потокоотклоняющие технологии) и гидродинамические (нестационарное заводнение) методы. Действие потокоотклоняющих технологий направлено на выравнивание профиля приёмистости нагнетательных скважин и перераспределение фильтрационных потоков в неоднородных по проницаемости и высокообводнённых пропластках продуктивных пластов.

*Малоэнергетичный разрыв пласта (МЭРП).* Для увеличения коэффициента продуктивности пластов выполнены локальные гидроразрывы пласта (технология МЭРП) в 19 добывающих скважинах. Основной объём скважино-операций (около 90 %) проводился в скважинах с терригенным коллектором.

Успешность обработок составила 100 %, дополнительная добыча составила 48,9 тыс. тонн нефти.

*Приобщение пластов.* С целью вовлечения в разработку недренируемых запасов на месторождении проведены мероприятия по дострелу пластов. За рассматриваемый период проведено 15 скв./опер, из них на шести скважинах с карбонатным коллектором и на девяти с терригенным. Дополнительная добыча 90,7 тыс. тонн нефти при приросте дебита нефти 4,3 тонн/сут. Успешность метода составила 100 %.

Реперфорация пластов используется для повышения продуктивности добывающих скважин. Всего выполнено 35 скв./опер. Успешность составила 94,3 %. Дополнительно добыто 80,1 тыс. тонн нефти при приросте дебита нефти на одну успешную операцию 2,4 тонн/сут.

Кроме использования данных работ в качестве самостоятельного метода восстановления и повышения продуктивности скважин, перфорационные работы проводились в составе ремонтно-изоляционных работ совместно с глинокислотными обработками, дренированием УОС и при вводе скважин из консервации и бездействия прошлых лет.

В скважинах №№ 37 и 402 эффект не получен, что, по всей видимости, обусловлено отсутствием промывки скважин после проведения перфорационных работ, что привело к загрязнению призабойной зоны пласта и, как следствие, к снижению коэффициента продуктивности.



Процесс реперфорации физически негативно влияет на техническое состояние эксплуатационной колонны, так как происходит разрушение (ослабление сцепления) цементного кольца. Поэтому перед проведением операции необходимо проведение подземных гидродинамических исследований (ПГИ) по определению технического состояния ЭК, оценки качества цементирования в прилегающем к зоне перфорации интервале с целью недопущения возникновения последующих негативных явлений, таких как заколонные перетоки, смещение ЭК.

### **Стадия разработки месторождения, динамика фонда скважин и показателей разработки**

Освоение месторождения начато в 1961 году вводом в работу семи разведочных скважинах №№ 1, 2, 8, 11, 14, 17 и 56. К эксплуатационному разбурированию месторождения приступили в 1962 году.

Основной фонд эксплуатационных скважин закончен бурением к концу 1990 года; дополнительный, предназначенный для разбурирования северо-восточной части месторождения, – к концу 1994 года. Всего на месторождении пробурено 329 проектных скважин, из них 213 на нижние терригенные залежи и 116 на верхние карбонатные отложения.

Всего по месторождению в эксплуатации на нефть перебивали 296 скважин, под закачкой – 111 скважин. Пять скважин (№№ 97, 121, 135, 138 и 271) после выполнения проектного назначения на нижнем объекте, в разные сроки переведены на верхний объект. В начальной стадии разработки месторождения скважины эксплуатировались фонтанным способом. Всего фонтанным способом извлечено около 28 млн тонн нефти или 53 % от общего объема добытой нефти. С ростом обводнённости скважины переводились на механизированную добычу. Весь фонд механизирован. На 01.01. 2020 г. действующий фонд равен 115 добывающих и 29 нагнетательных скважин. 27 скважин оборудованы установками ЭЦН, 88 – УСШН. В ликвидированном фонде находится 51 скважина, из них 35 скважин по различным причинам ликвидированы после эксплуатации, как выполнившие проектное назначение, 16 ликвидированы сразу после бурения по геологическим причинам. Две скважины (№№ 149 и 159) находятся в ожидании ликвидации.

Простаивающий фонд равен 124 скважинам, из них в бездействии 18 скважин, в консервации 102.

В 2019 году фактическая добыча нефти по объекту выше проектной на 15 тыс. тонн или на 32 %, что находится в рамках допустимого отклонения при небольшом превышении проектного уровня отбора жидкости на 9,1 тыс. тонн или на 1,7 %. Годовая добыча нефти составила 61,5 тыс. тонн, жидкости – 547,1 тыс. тонн. Основными причинами превышения проектных уровней добычи нефти являются более низкая обводнённость продукции (проект 91,4 %, факт 88,8 %), более высокий дебит нефти (проект 2,7 тонн/сут., факт 3 тонн/сут.) и превышение фонда добывающих скважин (проект 51, факт 59).

В целом с точки зрения выработки запасов нефти разработка месторождения протекает удовлетворительно.

Основными мероприятиями по обеспечению запроектированных уровней добычи на перспективу являются:

- проведение мероприятий по сокращению законсервированного фонда скважин;
- перевод ряда добывающих скважин под нагнетание;
- проведение мероприятий по воздействию на пласт с целью выравнивания профиля приёмистости;
- воздействие на нефтяную залежь с целью повышения нефтеотдачи.

Учитывая, что запасы месторождения значительно выработаны и доля трудноизвлекаемых запасов нефти на месторождении только будет увеличиваться, эффективность разработки залежей в значительной мере будет определяться тем, насколько успешно и своевременно будет решаться проблема вовлечения в более активную разработку указанных запасов.

## Литература

1. Дополнение к проекту разработки Черногорского нефтяного месторождения: отчёт о НИР / Л.П. Матвеев [и др.]. – Ухта : ООО «ПечорНИПИнефть», 2009. – 456 с.
2. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2013–2014. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
5. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
6. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
7. Ладенко А.А., Савенок О.В. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
8. Ладенко А.А., Савенок О.В. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
9. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
10. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
11. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 267 с.
12. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
13. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учебное пособие: в 2 частях. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
14. Абзалов А.В., Савенок О.В. Анализ причин отказов и разработка мероприятий по совершенствованию работы скважин Черногорского месторождения, оборудованных центробежными насосами // Научный потенциал вуза – производству и образованию: сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. (4–5 декабря 2020 года, г. Армавир). – Армавир : Издательство Армавирского государственного педагогического университета, 2020.
15. Грибенников О.А., Шумахер М.Ю., Рудь О.Н. Вопрос оптимизации работы УЭЦН на примере Бобровского месторождения «Оренбургнефть» // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2 в 2 ч. – Ч. 1. – С. 144–148.
16. Григулецкий В.Г. О некоторых факторах, определяющих эффективность ГРП с закачкой больших количеств песка // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2016. – № 4. – С. 44–53.
17. Исламов М.К., Абдрафиков А.Р., Арсланов Р.Ф. Повышение эффективности эксплуатации месторождений путем интенсификации притока нефти и газа к скважинам // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 2. – С. 182–184.
18. Анализ применения технологии направленного гидроразрыва пласта на Гриньковском нефтяном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 265–276.

## References

1. Addendum to the project of development of Chernogorskoe oil field: research report / L.P. Matveev [et al.]. – Ukhta : LLC «PechorNIPIneft», 2009. – 456 p.
2. Ecology during construction of oil and gas wells: textbook for students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie – Yug», 2011. – 603 p.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workbook for the discipline «oil and gas well completion» in 4 volumes: a training manual. – Krasnodar : LLC «Publishing House – Yug», 2013–2014. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2012–2015. – Vol. 1–4.

5. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
6. Plast-testing equipment for hydrodynamic research of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Printing Works, 2004. – 620 p.
7. Ladenko A.A., Savenok O.V. Theoretical bases of oil and gas fields development. – M. : Infra-engineering, 2020. – 244 p.
8. Ladenko A.A., Savenok O.V. Geophysical studies of wells in oil and gas fields. - Moscow: Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
9. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
10. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremichuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.
11. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 267 p.
12. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
13. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: a training manual: in 2 parts. – Ukhta : Publishing Ukhta State Technical University, 2021.
14. Abzalov A.V., Savenok O.V. Analysis of the causes of failure and development of measures to improve the work of wells in the Chernogorsk field, equipped with centrifugal pumps // Scientific potential of universities – production and education: collection of articles on the materials of the III International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the victory of the Soviet people in the Great Patriotic War 1941–1945, which was held in Ukhta. (December 4–5, 2020, Armavir). – Armavir : Publishing house of Armavir State Pedagogical University, 2020.
15. Gribennikov O.A., Shumakher M.Y., Rud O.N. The issue of optimization of ESP operation by the example of Bobrovskoye field «Orenburgneft» // Bulatov readings. – 2018. – Vol. 2 in 2 h. – Part 1. – P. 144–148.
16. Griguletsky V.G. On some factors determining the effectiveness of hydraulic fracturing with injection of large quantities of sand // Izvestia vysshee izuchenii. Oil and gas. – 2016. – № 4. – P. 44–53.
17. Islamov M.K., Abdrafikov A.R., Arslanov R.F. Increase of field operation efficiency by intensification of oil and gas inflow to wells // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 2. – P. 182–184.
18. Analysis of application of directed hydrofracturing technology in the Grinkovskoye oil field / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatovskie readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 265–276.

УДК 332.025

## ПЛАНИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ ЛИМИТОВ НА ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ГАЗОВЫХ СКВАЖИН



### PLANNING FINANCIAL LIMITS FOR MAINTENANCE OF GAS WELLS

**Гасумов Эльдар Рамизович**

кандидат экономических наук, доцент  
Азербайджанский Университет нефти и промышленности  
r.gasumov@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрено повышение эффективности управления фондом скважин в области планирования и контроля расходования финансовых средств, при техническом обслуживании газовых скважин. Изложены пути повышения обоснованности принятия управленческих решений в области планирования денежных средств на работы по техническому обслуживанию скважин и осуществление выбора эффективных подходов к решению вопросов обоснованного долгосрочного планирования и прогнозирования затрат на проведение работ.

**Ключевые слова:** скважина, планирование, техническое обслуживание, планирование финансовых лимитов.

**Gasumov Eldar Ramizovich**

Candidate of Economic Sciences,  
Azerbaijan State University of  
Oil and Industry  
r.gasumov@yandex.ru

**Annotation.** The article discusses how to improve the efficiency of well stock management in the field of planning and monitoring the expenditure of financial resources in the maintenance of wells. The ways of increasing the validity of making management decisions in the field of planning cash for well maintenance work and choosing effective approaches to solving the issues of sound long-term planning and forecasting the costs of work are outlined.

**Keywords:** well, planning, maintenance, planning of financial limits.

Проблемы планирования финансовых лимитов на проведение работ по техническому обслуживанию газовых скважин (ТОГС) связаны в основном с высокой степенью износа основных фондов газодобывающих компаний (ГДК), увеличением сроков проведения работ и с совершенствованием комплексной системы, охватывающей структуру используемых ресурсов, планирование, движение и мониторинг финансовых лимитов, эффективность использования затрат на проведение работ по ТОГС [1].

ТОГС в соответствии с действующими нормативными документами является мероприятие, направленное на поддержание работоспособности или исправности скважины и ее элементов при эксплуатации и консервации в течение срока службы. ТОГС это комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности конструктивных элементов скважины при их эксплуатации, капитальном ремонте, ликвидации, консервации и др. [2, 3].

В техническое обслуживание действующие газовые скважины рекомендуется включать следующий комплекс работ: визуальный осмотр состояния территории кустовой площадки; контроль параметров работы скважины; поддержание устьевого оборудования и сооружений на кусте скважин в рабочем состоянии; объезд эксплуатационного фонда скважин и газосборного коллектора; дистанционное открытие-закрытие скважины и элементов скважинного оборудования; внутрискважинное оборудование (клапан-обтекатель приустьевой) и подразделяется: текущее и регламентированное. Текущее ТОГС осуществляется ежесменное (ежедневно) эксплуатационным персоналом, а регламентированное ТОС проводится ремонтным персоналом производственного подразделения, специализированной подразделением ГТК или специализированной ремонтной организацией [4].

Затраты на ТОГС относятся к затратам, связанным с осуществлением производственного процесса, т.е. входят в состав производственной себестоимости добычи газа [5].

В процессе добычи газа ГДК несёт следующие затраты связанные с: осуществлением основного производственного процесса – добычи газа; управлением организации.

В состав производственной себестоимости добычи газа включаются затраты, связанные с обслуживанием производственного процесса: затраты на поддержание

основных средств производственного назначения в рабочем состоянии, в т. ч. арендованных, если это предусмотрено договором (затраты на содержание и техническое обслуживание, на проведение текущего и капитального ремонтов, диагностику и проведение пусконаладочных работ).

Себестоимость добычи газа планируется в определенном порядке на основании следующих подходов:

– формирование плановой себестоимости осуществляется в разрезе однородных процессов и функций (статей затрат), выбранных в качестве объекта управления затратами;

– планирование затрат осуществляется по месту возникновения затрат (МВЗ) и выделяются для планирования затрат по однородным процессам и функциям.

Формирование перечня МВЗ производится на основании технологической схемы производства и организационной структуры ГДК с учетом осуществляемых им видов деятельности, по каждому месту возникновения затрат планируются следующие затраты:

– собственные затраты мест возникновения затрат планируются по элементам затрат, сгруппированным в справочник элементов затрат; совокупные затраты мест возникновения затрат планируются по статьям затрат. (Совокупные затраты состоят: из собственных затрат места возникновения затрат; стоимости потребленной внутренней продукции (работ, услуг) – результатов деятельности других мест возникновения затрат; доли общепроизводственных расходов);

– производственная себестоимость продукции (работ, услуг) определяется на основании совокупных затрат соответствующих производственных мест возникновения затрат;

– себестоимость реализованных продуктов (работ, услуг) представляет собой сумму производственной себестоимости и доли общехозяйственных и коммерческих расходов.

Необходимо планирование затрат по виду деятельности «Добыча газа» в ГДК осуществляет в два этапа:

– I этап – производится расчет и согласование затрат инвестором на планируемый период;

– II этап – утверждение показателя затрат инвестором.

Объектом планирования затрат на выполнение работ являются места возникновения затрат, т.е. объект планирования и контроля затрат, представляющий собой технологический процесс, выполняющий однородную функцию в процессе производства продукции. Контроль над расходованием ресурсов будет более эффективным, если подразделение осуществляет однородные по своему содержанию процессы и функции.

Перечень МВЗ, сформированный для целей учета затрат, может отличаться (при обеспечении сопоставимости) от перечня МВЗ, используемого в целях планирования затрат.

Места возникновения затрат выделяются в следующих целях:

– осуществления контроля над расходованием ресурсов по местам их потребления;

– обеспечения связи мест возникновения затрат со статьями затрат в зависимости от критериев: вид места возникновения затрат; вид ресурса – продукция (работы, услуги), которая производится подразделением (его частью или группой), выделенным в качестве места возникновения затрат.

ТОГС является вспомогательным местом возникновения затрат, по которым формируются затраты вспомогательных производств, производящих продукты, (работы, услуги), предназначенные для обеспечения основной производственной деятельности (добычи газа). Виды мест возникновения затрат соответствуют определенным направлениям расходования ресурсов (статьям затрат).

Каждый выделенный вид места возникновения затрат имеет состав затрат, соответствующий осуществляемым процессам и функциям. Так затраты вспомогательных МВЗ включают стоимость израсходованных материальных, трудовых и прочих ресурсов, необходимых для осуществления производственного процесса вспомогательных подразделений с учетом установленных технологических требований, правил безопасности и пр.

Планирование затрат осуществляется в два этапа: первичное планирование; окончательное планирование.

Под первичным планированием понимается планирование, результатом которого является представление ГДК в головной компании (инвестором) для согласования общей величины затрат, в т. ч. по элементам затрат, а также по видам деятельности, в т.ч. по статьям затрат. В рамках окончательного планирования ГДК корректирует плановые показатели в соответствии с лимитами, головной компаний (инвестором).

Схематично порядок планирования затрат в системе ПАО «Газпром» представлен на рисунке 1.

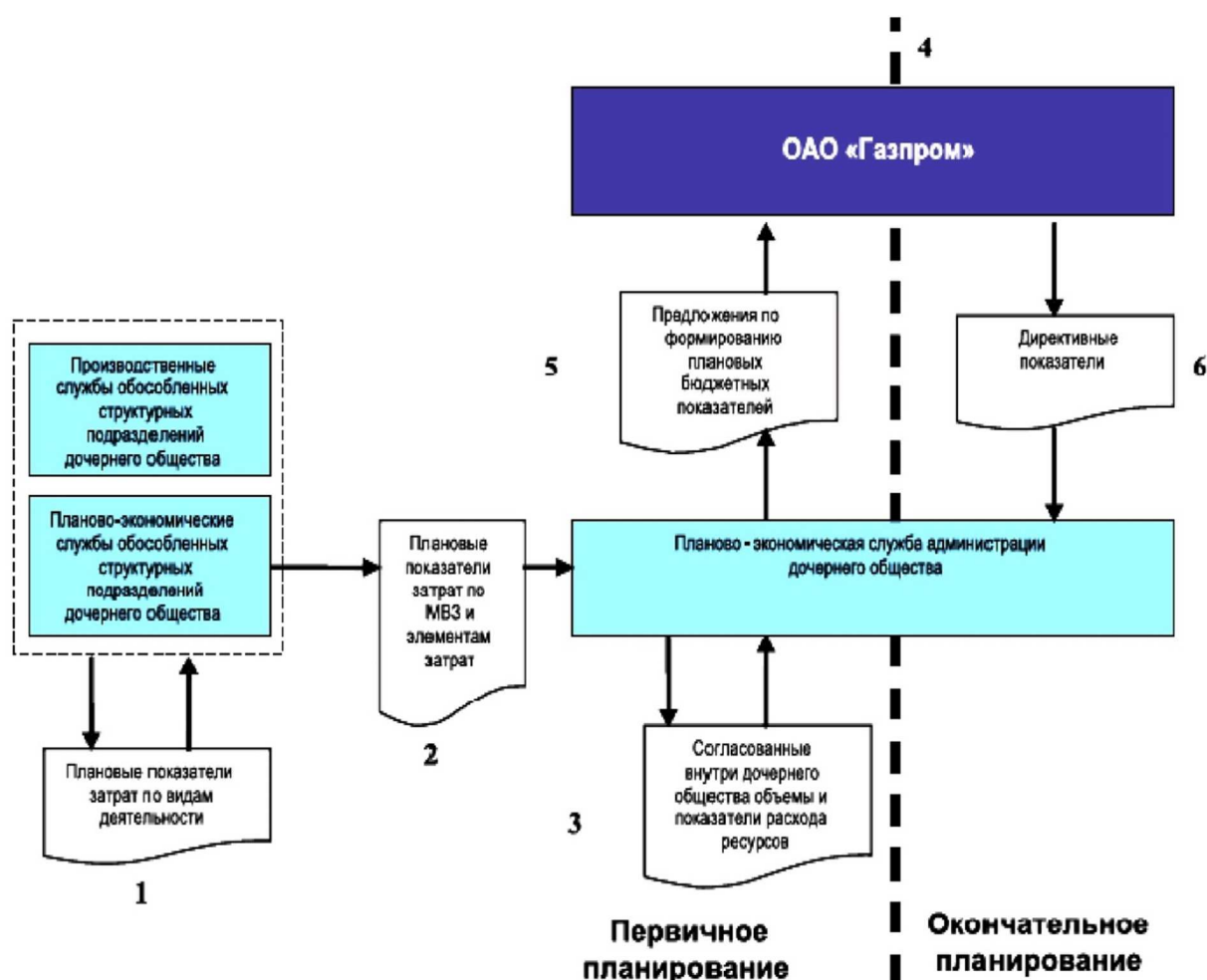


Рисунок 1 – Схема процесса планирования затрат в системе ПАО «Газпром»

ГДК осуществляют планирование затрат с детализацией по элементам затрат в соответствии со справочником элементов затрат, который является иерархическим и разработан до третьего уровня детализации для каждого элемента. Справочник элементов затрат первого, второго и третьего уровня утверждается методическими рекомендациями. Более низкие уровни аналитики разрабатываются и утверждаются ГДК самостоятельно. Справочник элементов затрат первого уровня представлен в таблице 1 [5–8].

В состав элемента «Прочие затраты» входит элемент «Услуги сторонних организаций», в состав которого входит элемент «Услуги по текущему ремонту и техническому обслуживанию».

Рассмотрим состав затрат и их содержание по элементу «Услуги сторонних организаций» (предназначены для осуществления процесса добычи газа).

По элементу «Услуги по текущему ремонту и техническому обслуживанию» планируются:

- в части текущего ремонта – затраты на ремонт основных средств, при котором происходит замена или восстановление отдельных быстроизнашивающихся ча-

стей и деталей основных средств, самостоятельный ремонт (не связанный с проведением работ по капитальному ремонту) зданий и сооружений производственного назначения, оборудования, включая пусконаладочные работы «под нагрузкой», выполняемые в рамках проведения текущего ремонта и диагностику качества проведения текущего ремонта;

– в части технического обслуживания – затраты на периодический осмотр и оценку технического состояния эксплуатируемых объектов основных средств производственного назначения на основании визуального или автоматизированного контроля технических показателей с помощью встроенных средств измерений, а также затраты на периодические работы на объектах с целью предупреждения и предохранения от повреждений (уборка, чистка, ревизия, смазывание, подкраска, регулировка отдельных узлов) (в т.ч. затраты на поверку и анализ состояния измерительных приборов).

**Таблица 1** – Справочник элементов затрат 1-го уровня

Номер позиции	Наименование элемента затрат
	Материалы
	Энергия покупная
	Затраты на оплату труда
	Единый социальный налог
	Амортизация
	Аренда основных средств
	Лизинг
	Налоги и иные обязательные платежи
	Затраты по договорам страхования
	Прочие затраты

В случае если определить цену на услугу базового периода на этапе планирования не представляется возможным ввиду неоднородности услуги (например, консультационные услуги), в качестве плановых затрат по виду услуг используются затраты базового периода, скорректированные с учетом прогнозируемых показателей инфляции, ежегодно разрабатываемых Минэкономразвития РФ.

На основе общей системы ТОГС и ремонта скважин ГДК ежегодно разрабатывается план капитальных ремонтов в зависимости от структуры ремонтного цикла того или иного вида основных средств и утверждается головной компанией (инвестором).

Рассмотрим влияние технико-экономических факторов (ТЭФ) на проведение работ, состав системы которого входит и ТОГС. ТЭФ разделяется на - технические, экономические и прочие изменения в производственно-хозяйственной деятельности ГДК, которые являются причиной изменения уровня затрат на производство продукции (работ, услуг) [9–11].

Расчет влияния ТЭФ на изменение величины затрат по сравнению с затратами базового периода осуществляется в следующих целях:

– для обоснования изменения общей суммы затрат на добычу газа в планируемом периоде по сравнению с базовым;

– для определения степени влияния каждого отдельного мероприятия, предусмотренного планом организационно-технических мероприятий, и объективных условий, складывающихся к моменту составления проекта плана, на величину затрат.

Расчет влияния ТЭФ на величину затрат осуществляется в следующем порядке [10–13]:

– выявляются факторы, оказывающие влияние на затраты в планируемом периоде по сравнению с затратами базового периода;

– отклонения затрат планируемого периода от затрат базового периода за счет влияния каждого технико-экономического фактора определяются: изменения затрат в планируемом периоде по сравнению с затратами базового периода за счет проведения организационно-технических мероприятий; изменения затрат в планируемом периоде по сравнению с затратами базового периода за счет планового изменения объема добычи газа; изменения затрат в планируемом периоде по сравнению с затратами базового периода за счет изменения цен на материалы, энергию, оплату труда, налоги и другие обязательные платежи, арендные платежи, лизинговые платежи, страховые премии, прочие затраты.

вого периода за счет изменения цен; суммарное отклонение затрат планируемого периода от затрат базового периода за счет влияния всех ТЭФ; отклонение затрат за счет всех ТЭФ сопоставляется с отклонением затрат, спланированных прямым способом, от затрат базового периода [5, 8, 11–3].

При существенной разнице проводится анализ показателей, полученных методом прямого планирования, а также выявляются дополнительные факторы, которые не были учтены при расчете влияния ТЭФ на уровень затрат.

При расчете влияния ТЭФ на затраты необходимо не допускать повторного учета влияния одних и тех же технических, технологических или организационных изменений в производстве на изменение величины затрат.

При расчетах рекомендуется учитывать следующие основные факторы, например:

- проведение организационно-технических мероприятий: внедрение новой техники и прогрессивных технологий (механизация и автоматизация процессов добычи, сбора и сепарации природного газа на базе нового и дополнительного ввода применяемого оборудования, внедрение передовой технологии и автоматизированных систем управления; улучшение эксплуатации действующих установок и оборудования, совершенствование техники и технологии сбора, внутрипромыслового транспорта и очистки конденсата; повышение коэффициента эксплуатации и использования скважин за счет сокращения времени на ликвидацию аварий, нахождения в ремонте и других простоев организационно-технического характера; внедрение новых, более эффективных видов потребляемых реагентов, ремонтных материалов, топлива и энергии; прочие факторы, повышающие технический уровень производства);

- проведение мероприятий, способствующих интенсификации и улучшающих способы добычи природного газа и газового конденсата (улучшение проницаемости призабойной зоны продуктивного пласта и увеличение дебита скважин; проведение работ по поддержанию пластового давления; прочие мероприятия, способствующие интенсификации и улучшающие способы добычи природного газа и газового конденсата);

- улучшение организации труда и совершенствование управления (совершенствование управления и организации производства на промыслах, в службах, цехах и участках основного и вспомогательного производства; улучшение организации труда; улучшение организации материально-технического снабжения реагентами и ремонтными материалами; снижение непроизводительных расходов; прочие мероприятия, способствующие улучшению организации производства и труда);

- проведение мероприятий по охране труда и промышленной безопасности;

- проведение природоохранных мероприятий;

- мероприятия по внедрению рационализаторских предложений и изобретений;

- прочие организационно-технические мероприятия.

- изменение условно-переменных затрат на добычу газа за счет изменения объема добычи;

- изменение цен на потребляемую продукцию (работы, услуги).

Оценивается влияние каждого ТЭФ как в целом на затраты на добычу газа, так и отдельно по статьям и элементам затрат. Также рассчитывается влияние каждого фактора на переменную и постоянную часть затрат.

Если мероприятие, согласно плану организационно-технических мероприятий, внедряется не с начала года, то в расчетах себестоимости продукции планируемого периода отражается только часть эффекта, обусловленного его проведением. Одновременно при расчете влияния ТЭФ на затраты должно быть учтено переходящее на планируемый год изменение затрат от проведения мероприятий в базовом периоде [12, 13].

Затраты на содержание объекта основных средств (технический осмотр, поддержание в рабочем состоянии) включаются в затраты на обслуживание производственного процесса и отражаются по дебету счетов учета затрат на производство (расходов на продажу) в корреспонденции с кредитом счетов учета произведенных затрат. Объектом налогообложения по налогу на прибыль организаций признается прибыль, полученная налогоплательщиком. Прибылью признаются полученные доходы, уменьшенные на величину произведенных расходов. При определении налога на прибыль организации техническое обслуживание основных средств относятся к расходам, связанным с производством и реализацией. К материальным расходам, относятся затра-



ты на приобретение работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями, а также на выполнение этих работ (оказание услуг) структурными подразделениями налогоплательщика. К работам (услугам) производственного характера относятся выполнение отдельных операций по производству (изготовлению) продукции, выполнению работ, оказанию услуг, обработке сырья (материалов), контроль за соблюдением установленных технологических процессов, техническое обслуживание основных средств и другие подобные работы [7, 10, 12].

Основными задачами процесса формирования финансовых лимитов на проведение работ по ТОГС месторождений являются: планирование финансовых средств; обеспечение эффективного использования ресурсов; систематический контроль затрат; поиск и внедрение в процесс по техническому обслуживанию скважин новых эффективных технологий, материалов и технических средств; разработка и внедрение мероприятий по сокращению затрат.

### **Выводы**

1. Планирование финансовых лимитов на проведение работ по ТОГС месторождений рекомендуется проводить с учетом принципов:

- системности, заключающегося в учете результатов применения технологий, материалов и технических средств;
- экономичности, заключающегося в приоритете уменьшения затрат;
- результативности, заключающегося в реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов;
- безопасности, заключающегося в обеспечении соответствия применяемых технологий, материалов и технических средств, требованиям в области промышленной безопасности, охраны недр и окружающей среды;
- прогрессивности, заключающегося в поиске новых эффективных технологий, материалов и технических средств, для внедрения в производственные процессы с целью уменьшения затрат.

2. Целью планирования финансовых средств на техническое обслуживание скважин является определение экономически обоснованных затрат на проведение работ по ТОГС для обеспечения сохранности месторождений, безопасности жизнедеятельности населения и охраны окружающей среды.

3. Планирование финансовых средств на техническое обслуживание скважин осуществляется в соответствии с требованиями законодательства и внутренними нормативными документами отрасли (инвестора).

Классификация и каталогизация информации по работам по ТОГС может осуществляться по всем вышеперечисленным информационным источникам, содержащим требования российского законодательства в области промышленной безопасности скважин, как опасных производственных объектов, и скважин, как объектов основных средств организаций - недропользователей.

### **Литература**

1. Гасумов Р.А., Минченко Ю.С., Гасумов Э.Р. Повышения эффективности строительства высокопроизводительных скважин на месторождениях и ПХГ // Монография. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – 416 с.
2. Эксплуатация и техническое обслуживание газовых скважин Бованенковского НГКМ: Р Газпром 2-3.3-394-2009 (утв. ОАО «Газпром» от 18.11.2009 г.). – М. : ООО «Газпром экспо», 2010. – 38 с.
3. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения: ГОСТ 18322-78. – М. : Изд-во стандартов, 1980.
4. Технологическое оборудование в добыче газа и жидких углеводородов. Порядок проведения технического обслуживания и ремонта (механическая часть): СТО Газпром 2-3.3-597-2011 (утв. ОАО «Газпром» от 24.06. 2011 г.). – М. : ООО «Газпром экспо», 2012. – 86 с.
5. Методические рекомендации по планированию и калькулированию себестоимости добычи газа (утв. ОАО «Газпром» от 25.12.2007г.). – М. : ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – 188 с.

6. Гасумов Э.Р., Гасумов Р.А., Валиев В.М. Прогноз критических параметров перехода эксплуатационных скважин в стадию капитального ремонта // Наука и техника в газовой промышленности. – М., 2020. – № 4 (84). – С. 52–61.
7. Налоговый кодекс Российской Федерации, часть 2 (НК РФ ч.2, 05.08.2000 г. № 117-ФЗ). – М. : Консультант плюс, 2000.
8. Гасумов Э.Р. Управление и оценка рисков внедрения инноваций при разработке газоконденсатных месторождений // Фундаментальные исследования. – М., 2020. – № 12. – С. 33–39.
9. Гасумов Э.Р., Гасумов Р.А. Оптимизация затрат при эксплуатации и обслуживании нефтегазового технологического оборудования // В сборнике: Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли. Проблемы устойчивого развития». Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Северо-Кавказский федеральный университет (01–02 декабря 2020 г., Ставрополь). – Ставрополь, 2020. – С. 365–373.
10. Гасумов Э.Р., Валиев В.М., Гасумов Р.А. Оценка эффективности работы эксплуатационной газовой скважины и перевод ее в стадию капитального ремонта // Международный научно-исследовательский журнал (International research journal) – Екатеринбург, 2020. – № 11 (101). – Ч. 2. – С. 56–63.
11. Гасумов Э.Р. Экономические риски и обеспечение экологической безопасности при разработке мелких газоконденсатных месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар, 2020. – № 1. – С. 458–463.
12. Исследования причин заколонных проявлений при цементировании в скважине эксплуатационной колонны / Р.А. Гасумов [и др.] // Наука. Инновации. Технологии. – Ставрополь, 2017. – № 4. – С. 125–136.
13. Гасумов Э.Р., Гасумов Р.А., Павлюкова И.В. Влияние техногенных факторов на геотехнические системы и обеспечении экологической безопасности разработки месторождений УВ // Территория «Нефтегаз». – М., 2016. – № 7–8. – С. 110–115.

## References

1. Gasumov R.A., Minchenko Y.S., Gasumov E.R. Increasing the Efficiency of High-Performance Well Construction in Fields and UGSF // Monograph. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – 416 p.
2. Operation and Maintenance of Gas Wells at Bovanenkovo OGCF: R Gazprom 2-3.3-394-2009 (approved by OAO «Gazprom» on 18.11.2009). – М. : ООО Gazprom expo, 2010. – 38 p.
3. System of maintenance and repair of machinery. Terms and definitions: GOST 18322-78. – М. : Publishing house of standards, 1980.
4. Technological equipment in gas and liquid hydrocarbon production. Procedure for maintenance and repair (mechanical part): STO Gazprom 2-3.3-597-2011 (approved by OAO Gazprom on 24.06.2011). – М. : ООО Gazprom expo, 2012. – 86 p.
5. Guidelines for planning and calculation of gas production costs (approved by OAO Gazprom on 25.12.2007). – М. : IRC Gazprom, 2008. – 188 p.
6. Gasumov E.R., Gasumov R.A., Valiev V.M. Forecast of critical parameters of transition of production wells to the stage of workover // Science and Technology in Gas Industry. – М., 2020. – № 4 (84). – P. 52–61.
7. Tax Code of the Russian Federation, Part 2 (TC RF Part 2, 05.08.2000 № 117-FZ). – М. : Consultant plus, 2000.
8. Gasumov E.R. Management and risk assessment of innovations in the development of gas-condensate fields // Fundamental'nye issledovanie. – М., 2020. – № 12. – P. 33–39.
9. Gasumov E.R., Gasumov R.A. Optimization of costs in the operation and maintenance of oil and gas technological equipment // In the collection: Innovative technologies in the oil and gas industry. Problems of sustainable development. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. North Caucasian Federal University (01–02 December 2020, Stavropol). – Stavropol, 2020. – P. 365–373.
10. Gasumov E.R., Valiev V.M., Gasumov R.A. Assessment of the efficiency of a gas production well and its transfer to the stage of workover // International research journal (International research journal). – Ekaterinburg, 2020. – № 11 (101). – Part 2. – P. 56–63.
11. Gasumov E.R. Economic risks and ensuring environmental safety in the development of small gas condensate fields // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – Krasnodar, 2020. – № 1. – P. 458–463.
12. Studies of the causes of behind-the-casing manifestations during cementing in the production string well / R.A. Gasumov [et al.] // Nauka. Innovations. Technologies. – Stavropol, 2017. – № 4. – P. 125–136.
13. Gasumov E.R., Gasumov R.A., Pavlyukova I.V. Impact of anthropogenic factors on geotechnical systems and ensuring environmental safety of hydrocarbon deposits development // Territory «Neftegaz». – М., 2016. – № 7–8. – P. 110–115.

**СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ СТАРИННЫХ КАРТ**



**MODERN USE AND PRESERVATION OF OLD MAPS**

**Грибкова Ирина Сергеевна**

старший преподаватель  
кафедры кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
i.s.gribkova@mail.ru

**Дражецкий Даниил Андреевич**

студент ИСТИ,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
drzhetsky@mail.ru

**Пачев Климентий Валерьевич**

студент ИСТИ,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
klimentegrass@gmail.com

**Аннотация.** Рассматривается проблема сохранения старинных карт, а также возможность их использования при помощи интернет-ресурса RetroMap и мобильного приложения Vetus maps. Даны определения основным терминам и понятиям и сделаны выводы об необходимости и важности сохранения старинных карт.

**Ключевые слова:** Старинная карта, консервация, реставрация, RetroMap, Vetus maps

**Gribkova Irina Sergeevna**

Senior Lecturer at the Department of  
Cadastre and Geoengineering,  
Kuban State Technological University  
i.s.gribkova@mail.ru

**Drazhetsky Daniil Andreevich**

Student ICTI,  
Kuban State Technological University  
drzhetsky@mail.ru

**Pachev Klimenty Valerievich**

Student ICTI,  
Kuban State Technological University  
klimentegrass@gmail.com

**Annotation.** The problem of saving old maps is considered, as well as the possibility of using them using the RetroMap Internet resource and the Vetus maps mobile application. The definitions of the basic terms and concepts are given and conclusions were drawn about the necessity and importance of preserving old maps.

**Keywords:** Old map, conservation, restoration, RetroMap, Vetus maps.

**С**таринная карта, как и любой исторический документ требует тщательного и аккуратного обращения. Для сохранения старинных карт в целом применяются те же методы, что и при сохранении других значимых исторических документов.

Сегодня одной из основных проблем, которая осознается и стоит перед мировым сообществом это сохранения национального документного наследия.

Сохранность библиотечных фондов России на данный момент вызывает большую тревогу. Так в Российской национальной библиотеке на данный момент около 25 % документов требуют срочных консервационных мер, а в Российской государственной библиотеке – около 30 % [1].

Консервация документов – это комплекс действий, который обеспечивает их сохранность с помощью особого режима хранения, стабилизации, реставрации и изготовления копий документов.

Консервацию документов выполняются посредством установления приоритетов в соответствии с их уникальностью, историко-культурной ценностью, состоянием и частотой использования документов. Консервацию документов должны выполнять лица, имеющие специальную подготовку [2].

Реставрация в целом – это важнейший аспект для обеспечения сохранности документов. Решение этой проблемы носит комплексный характер и включает материально-техническое, организационное, кадровое, методическое и самое главное финансовое обеспечение.

Реставрационные лаборатории, которые находятся в субъектах Российской Федерации, как правило, входят в структуру государственных архивов. Крупные самостоятельные лаборатории, подчиненные непосредственно архивным органам, действуют в Москве и Санкт-Петербурге. Самостоятельные лаборатории созданы также в Великом Новгороде и Нижнем Новгороде.

При выполнении качества реставрации нельзя не упомянуть также проблему правильного хранения документов. При длительном хранении документов важнейшее значение имеют не реставрационно-восстановительные работы, а его правильное хранения. Нарушение нормативных параметров температурно-влажностного, светового и других режимов будет способствовать быстрому разрушению даже хорошо отреставрированных дел.

Хранилища, в которых находятся документы должны быть оборудованы таким образом, чтобы обеспечить их защиту от воздействия множества вредных факторов среды, загрязнения, механического и биологического повреждения.

Появление новых технологий дало нам возможность для восстановления текстов и изображений документов также путем переноса информации на другой носитель. Речь идет об оцифровке документов, что в определенной степени может подменить реставрацию, решить проблему усиления слабоконтрастных текстов, обеспечить возможность многократной выдачи информации и многократного ее копирования без обращения к подлинникам

Для обеспечения сохранности и удобного использования необходимо провести полную оцифровку и сканирование сохранившихся материалов с применением современных безопасный для экземпляров технологий.

Проведение реставраций силами библиотечных фондов и реставрационных мастерских так же важная часть обеспечения сохранности материалов.

На старинных картах обозначено немалое количество различных объектов, что позволяет использовать их как ценнейший источник данных. Любая старая карта - вещь хрупкая и требующая бережного обращения. Каждое очередное разворачивание карты приносит ей определенный ущерб. До недавнего времени старые карты обычно размещались в интернете как картинки.

Картанесет в себе информацию о времени, в котором была создана, отражает события этого времени являясь частью истории

Современное использование старинных карт может быть разнообразно, в данном случае мы рассмотрим их использование на примере двух информационных ресурсов

## RETROMAP

RetroMap – информационный сайт о старых картах (рис. 1).

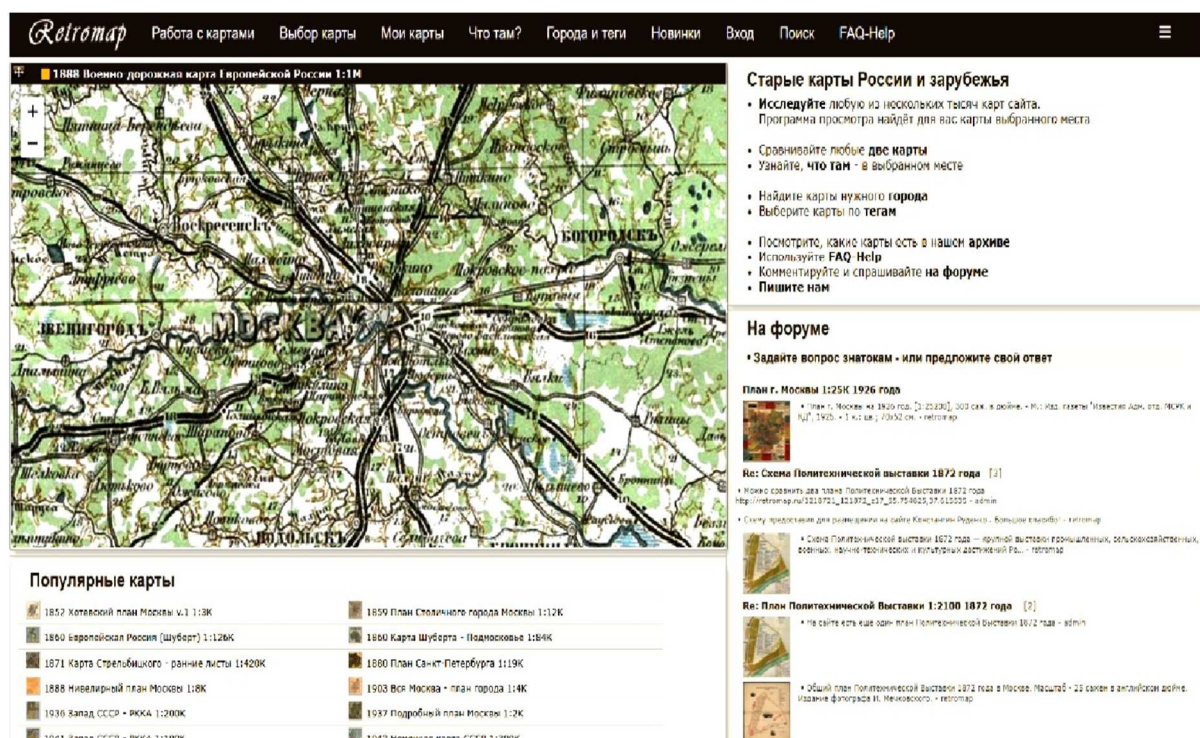


Рисунок 1 – Главная страница сайта



На сайте размещена коллекция исторических карт и разработаны инструменты для работы с ними

С помощью программ раздела детального просмотра карт выполняются операции с картами сайта, привязанными к координатной сетке. Всего на сайте в данный момент представлено 3669 таких карт.

Сайт позволяет сравнить две любые карты (рис. 2), также открыт доступ к различным слоям, накладываемым на карты, получить дополнительную информацию и комментарии на форуме.

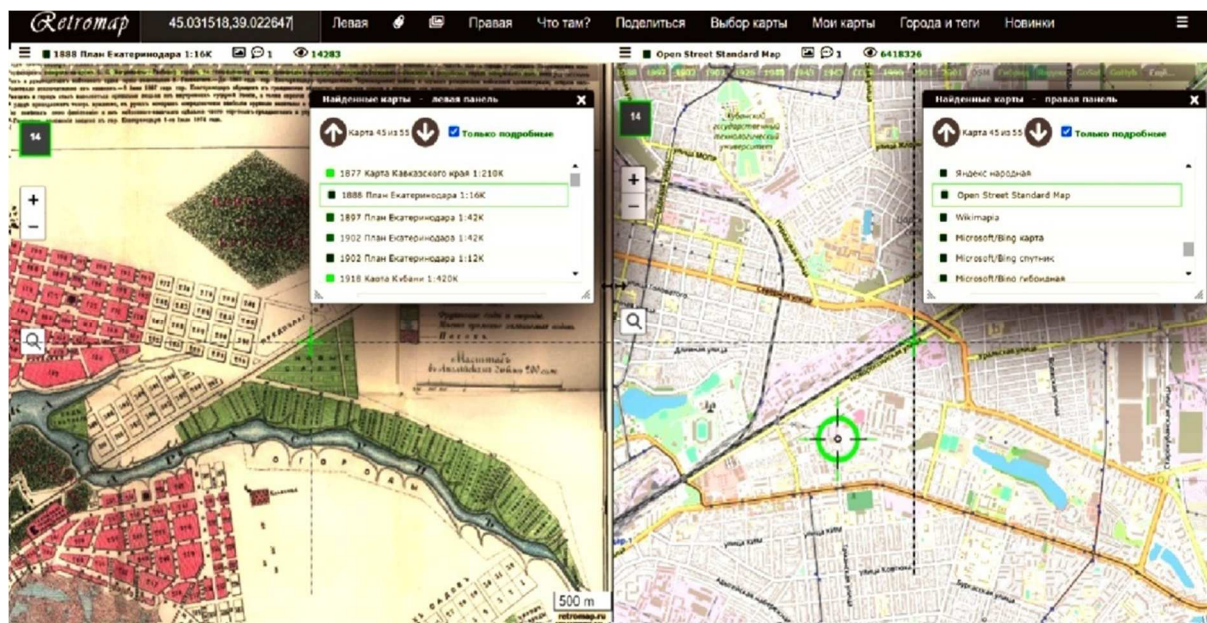


Рисунок 2 – Использование инструмента сравнения двух карт

На сайте есть и карты, не привязанные к координатной сетке. Такие карты, а также планы отдельных местностей размещены в галерее сайта. Зарегистрированные пользователи могут оставлять в галерее свои карты, планы, изображения и другие документы.

На форуме сайта можно найти перечни карт по разделам с краткими описаниями, дополнительную информацию к картам и комментарии пользователей к этим картам, вопросы, пожелания и комментарии пользователей сайта [3].

### VETUS MAPS

Vetus maps – это мобильное приложение, с помощью которого можно посмотреть исторические карты в наложении на современные.

В приложении имеется большой выбор старинных карт, доступных для загрузки. Старинная картанакладывается поверх современной (спутник, гибридная или рельеф) и с помощью специального ползунка можно регулировать прозрачность наложенной карты. Интерфейс мобильного приложения и пример карт показаны на рисунке 3.

В приложении также имеется возможность скорректировать привязку по ориентирам и пометить интересные для себя места на карте [4].

Использование старинных карт двумя этими ресурсами не ограничивается. На старинных картах обозначено немалое количество различных объектов, что позволяет использовать их как ценнейший источник данных. Любая старая карта - вещь хрупкая и требующая бережного обращения. Каждое очередное разворачивание карты приносит ей определенный ущерб, поэтому необходимо бережное обращение и сохранение. До недавнего времени старые карты обычно размещались в интернете как картинки, сейчас же у каждого есть возможность их свободного изучения и использования.

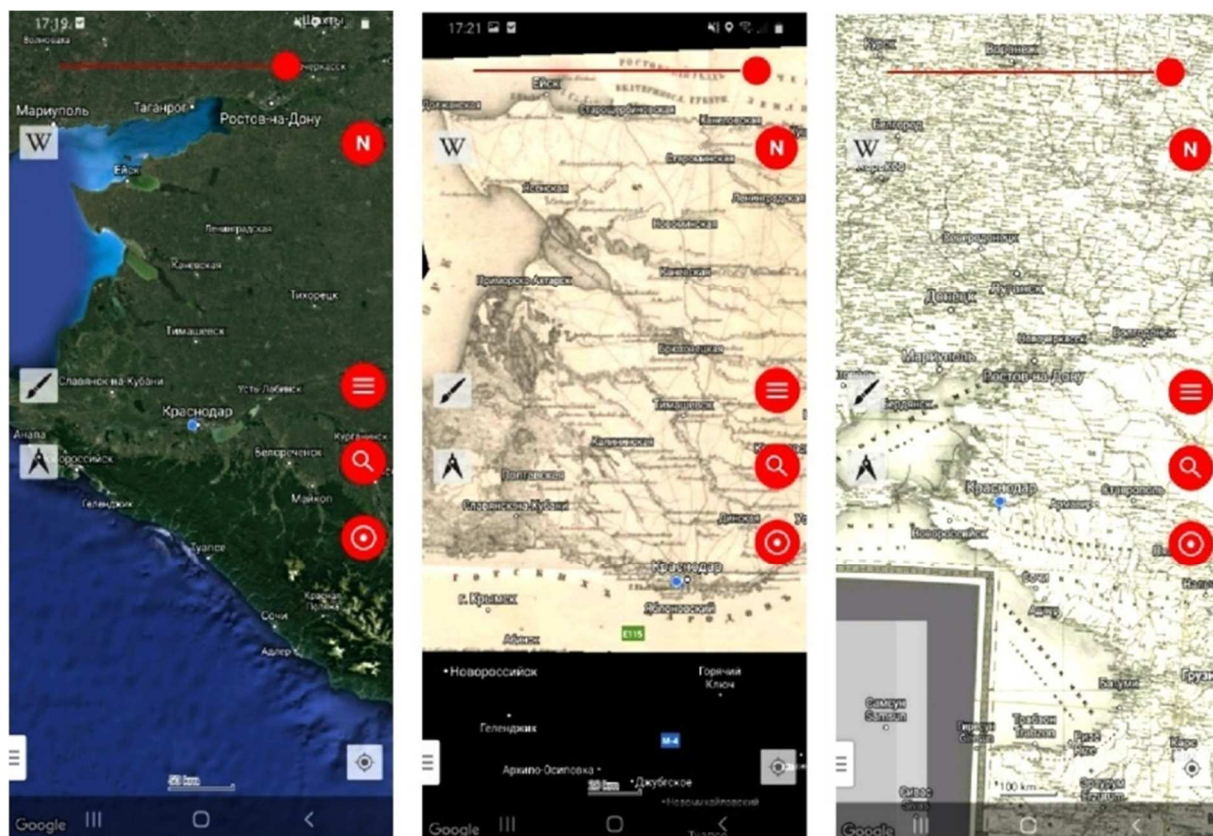


Рисунок 3 – Интерфейс приложения

### Литература

1. Сайт Российской национальной библиотеки [электронный ресурс]. – URL : <http://nlr.ru>
2. ГОСТ 7.50-2002 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Консервация документов»
3. Сайт о старинных картах Retromap [электронный ресурс]. – URL : <http://retromap.ru>
4. Официальный сайт мобильного приложения Vetustmaps [электронный ресурс]. – URL : <https://www.vetustmaps.com>
5. Бобров Ю.Г. Теория реставрации памятников искусства: закономерности и противоречия // Российская Академия Художеств, Государственный Академический институт живописи, скульптуры и архитектуры им. И. Е. Репина. – СПб., 1997.

### References

1. GOST 7.50-2002 «System of standards on information, librarianship and publishing. Document conservation»
2. The site of the Russian National Library [electronic resource]. – URL : <http://nlr.ru>
3. The official website of the Vetustmaps mobile application [electronic resource]. – URL : <https://www.vetustmaps.com>
4. Site about old maps Retromap [electronic resource]. – URL : <http://retromap.ru>
5. Bobrov Yu.G. Theory of restoration of art monuments: patterns and contradictions // Russian Academy of Arts, State Academic Institute of Painting, Sculpture and Architecture named after I.E. Repin. – SPb., 1997.

УДК 550.822.622.24

**АНАЛИЗ ПРОМЫСЛОВОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ  
ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ЕСТЕСТВЕННОГО ИСКРИВЛЕНИЯ СКВАЖИН**



**ANALYSIS OF FIELD MATERIAL TO CORRECT  
THE NATURAL DEVIATIONS OF WELLS**

**Ибрагимов Рафик Салман оглы**

канд. техн. наук, доцент  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Бахшалиева Ширин Октай кызы**

Доктор философии  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Ефендиева Лейла Зохраб кызы**

м.н.с. кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Байрамов Эльвин Илгар оглы**

магистран  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Муберекли Исмет Шахин оглы**

магистран  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Салманов Нариман Рахман оглы**

магистран  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Аннотация.** Статъя указано, что анализ многочисленного практического материала по пробуренным скважинам, на площадях Сиазанской моноклинали показал, что одной из основных причин естественного искривления являются структурно-геологические условия проводки скважин. В отличие от ряда месторождений, где под совокупностью геологических и технико-технологических факторов скважины естественно искривляются только в одном направлении, на площадях Сиазанской моноклинали существуют еще три направления.

**Ibrahimov Rafik Salman oglu**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Bakhshaliueva Shirin Oktay gizi**

Doctor of Philosophy,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Efendiyeva Leyla Zokhrab gizi**

M.N.S.  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Bairamov Elvin Ilgar oglu**

Graduate Student,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Muberekli Ismet Shahin oglu**

Graduate Student,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Salmanov Nariman Rahman oglu**

Graduate Student,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Annotation.** The article indicates that the analysis of numerous practical material on drilled wells in the areas of the Siyazan monocline showed that one of the main reasons for natural curvature is the structural and geological conditions of wells. In contrast to a number of fields, where wells are naturally bent only in one direction under the combination of geological and technical and technological factors, there are three more directions in the areas of the Siyazan monocline. It is proposed that according to the pro-

Предложен, что согласно предложенной технологии минимизированы интервалы бурения компоновкой с кривым переводником, улучшены технико-экономические показатели бурения.

**Ключевые слова:** искривления скважин, искривление стволов, бурение, технико-экономические показатели бурения, математической статистики

posed technology, drilling intervals are minimized by an assembly with a crooked sub, and the technical and economic indicators of drilling are improved.

**Keywords:** well deviations, wellbore deviations, drilling, technical and economic indicators of drilling, mathematical statistics

**Введение.** Анализ многочисленного практического материала по пробуренным скважинам, на площадях Сиазанской моноклинали показал, что одной из основных причин естественного искривления являются структурно-геологические условия проводки скважин.

Исследуемая площадь осложнена опрокинутостью и крутым залеганием пластов, доходящим до  $87^\circ$ , а также перемежаемость их по твердости. Между отдельными свитами наблюдается трансгрессивный характер контактов, что приводит к непостоянству мощностей и уменьшению их в головной части моноклинали. Кроме того, площадь характеризуется нарушениями и несогласованностью в залегании [1].

**Цель работы.** С целью установления закономерностей естественного искривления произведен анализ скважин, на основе которого были выявлены общие тенденции искривления; естественное искривление происходит в азимуте  $330^\circ \pm 20^\circ$  и стволы при этом могут отклониться от вертикали на угол до  $40^\circ$ . В отличие от ряда месторождений, где под совокупностью геологических и технико-технологических факторов скважины естественно искривляются только в одном направлении, на площадях Сиазанской моноклинали существуют еще три направления. Например, азимутом естественного искривления кроме  $330^\circ \pm 20^\circ$  являются  $140\text{--}170^\circ$ ,  $60^\circ \pm 15^\circ$  и  $235^\circ \pm 15^\circ$ .

**Материалы и методы.** Установлена геологическая причина искривления скважин в четырех взаимно-перпендикулярных направлениях. Одной из главных причин такого искривления скважин является плоскостная отдельность пород [2, 3]. В песчаниках и известняках представляющих, в основном, отложения верхнего мела, сумгаитской и майкопской свит, развивается кубовая плоскостная отдельность. Эти плоскости на площадях Сиазанской моноклинали расположены по азимутам, которые образуют угол, равный  $45^\circ$  между плоскостью напластования. Следовательно, по структурной карте района представляется возможным определить азимут восстания пластов, и в свою очередь, азимуты естественного искривления. Искривление стволов скважин в выявленных азимутах естественного искривления наблюдается независимо от глубины бурения, но из-за изменений геологических условий бурения, которые не представляется возможным предопределить, происходит отклонение от закономерностей искривления.

При бурении наклонных скважин неучет закономерностей естественного искривления скважин приводит к занижению значений проектных параметров. В связи с этим приобретает важное значение коррекция закономерностей естественного искривления скважин. С этой целью, исходя из близости геологических и технико-технологических условий проводки скважины 1317, намеченной бурению на основе закономерностей естественного искривления, производилось группирование промысловых данных в отдельные массивы.

Нами ранее было выявлено, что скважины искривляются по определенным плоскостям в двух направлениях. И определив один из этих азимутов, в случае, когда скважины заложены на южной или северной частях моноклинали, представляется возможным достаточно точно, установить другой азимут естественного искривления.

Искривление ствола скважины – процесс, с большим трудом поддающийся математическому описанию. Вследствие вероятностно статистического характера показателей этого процесса обработку и анализ указанных данных следует вести с использованием методов теории вероятностей и математической статистики. В предложенном методе исследования закономерностей естественного искривления, приводятся зависимости интенсивностей изменения зенитного угла и азимута от значений этих углов. Определение этих зависимостей от значений зенитного угла и азимута позволя-



ет выявить азимут и закономерности естественного искривления скважин. Для этой цели промысловые данные по скважинам Т1392, 1201, 1285, 1203, пробуренным в азимутах 140–220° с КНБК, состоящей из Ш-295,3, СЗ-ГВ, Е12МЗБ-240, 203 мм УБТ длиной 18 м и 140 м БТ, были подвергнуты анализу на основе самоорганизующихся моделей. Было выявлено, что изменение элементов КНБК, или переход на менее жесткую компоновку, приводит к увеличению интенсивности изменения азимута. Отмечено, что тенденция изменения параметров искривления скважины, в основном, сохраняется. Следовательно и заменой типоразмера турбобура представляется возможным управление искривлением ствола наклонной скважины. Причиной увеличения азимута начиная с глубины 412 м является замена КНБК, что и послужило причиной применения кривого переводника в компоновке на глубине 465 м.

**Результаты и обсуждение.** Для поддержания проектного азимута, после перехода на КНБК: Ш-244, 5С-ГНУ, ЗТСШ-195 (нижняя секция), 178 мм УБТ длиной 18 м и 140 мм БТ, была использована компоновка с кривым переводником. Затем на значительном интервале бурения происходила стабилизация азимута скважины. После спуска обсадной колонны диаметром 229 мм на глубину 500 м бурение с КНБК: Ш-244,5, Т12МЗБ-195, 178 мм УБТ длиной 9 м и 140 мм БТ продолжалось в пределах коридора допуска.

При бурении с КНБК: Ш-244, 5С-ГНУ, ЗТСШ-195 (нижняя секция), 178 мм УБТ длиной 18 м и БТ до глубины 1210 м бурение продолжалось в пределах коридора допуска. Затем азимут скважины постепенно уменьшился. С целью предотвращения отклонения параметров искривления от проектного на глубине 1250 м при зенитном угле 16°30' и азимуте 310° была применена компоновка с кривым переводником. Последующее бурение интервала длиной около 450 м продолжалось в пределах коридора допуска. Бурение до проектной глубины продолжалось компоновкой, включающей долото ИСМ-242,1 МС.

**Выводы:** таким образом, согласно предложенной технологии минимизированы интервалы бурения компоновкой с кривым переводником (на глубине 412 и 1250 м одно долбление), улучшены технико-экономические показатели бурения. Экономическая эффективность от использования закономерностей естественного искривления обусловлена сокращением времени строительства скважины.

### Литература

1. Гулизаде М.П., Кауфман Л.Я., Сушон Л.Я. Методика расчета интенсивности искривления ствола наклонной скважины. – Тюмень, 1974. – 59 с.
2. Булатов А.И., Измайлов Л.Б., Лебедев О.А. Проектирование конструкций скважины. – М. : Недра, 1979.
3. Калинин А.Г., Султанов Б.З. Бурение наклонных скважин. – М. : Недра, 1990.

### References

1. Gulizade M.P., Kaufman L.Ya., Sushon L.Ya. Method of calculating the intensity of curvature of the wellbore of a slanted well. – Tyumen, 1974. – 59 p.
2. Bulatov A.I., Izmailov L.B., Lebedev O.A. Design of well structures. – M. : Nedra, 1979.
3. Kalinin A.G., Sultanov B.Z. Drilling of directional wells. – M. : Nedra, 1990.

УДК 550.822.622.24

**ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ВЕЛИЧИНУ  
ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ ГЛУБОКИХ СКВАЖИН  
С МОРСКИХ БУРОВЫХ УСТАНОВКАХ**



**THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE FACTOR ON THE VALUE OF  
HYDROSTATIC PRESSURE WHEN DRILLING DEEP WELLS  
FROM OFFSHORE RIGS**

**Ибрагимов Рафик Салман оглы**

канд. техн. наук, доцент  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Бахшалиева Ширин Октай кызы**

Доктор философии  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Ибрагимов Заур Рафик оглы**

магистр  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Гасанов Агил Ясин оглы**

магистран  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Мегралиев Агахан Видади оглы**

магистран  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Руфуллфев Игбал Назим оглы**

магистран  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Аннотация.** Статье указано, что разработка оптимальных гидродинамических и термодинамических методов расчетов, создание термогидродинамических методов гидродинамических комплексов могут стать одним из основных направлений развития нефтяной промышленности. К сожалению, мало изучен и разработана концепция в глубоких скважинах пробуренных с морских буровых установок.

**Ibrahimov Rafik Salman oglu**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Bakhshaliueva Shirin Oktay gizi**

Doctor of Philosophy,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Ibragimov Zaur Rafiq oglu**

Master,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Hasanov Agil Yasin oglu**

Graduate Student,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Megraliev Aghakhan Vidadi oglu**

Graduate Student,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Rufullfev Iqbal Nazim oglu**

Graduate Student,  
Oil and Gas Engineering Departmen,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Annotation.** The article indicates that the development of optimal hydrodynamic and thermodynamic calculation methods, the creation of thermohydrodynamic methods of hydrodynamic complexes can become one of the main directions of development of the oil industry. Unfortunately, the concept in deep wells drilled from offshore

Предложен, что регулирование гидростатического давления путем повышения плотности бурового раствора в условиях высоких температур не целесообразно.

drilling rigs has been little studied and developed.

It is proposed that the regulation of hydrostatic pressure by increasing the density of the drilling mud at high temperatures is impractical.

**Ключевые слова:** бурение глубоких скважин, буровой раствор, гидростатическое давление, температура в скважине, ствол скважины

**Keywords:** drilling deep wells, drilling mud, hydrostatic pressure, temperature in the well, wellbore.

**Введение.** Разработка оптимальных гидродинамических и термодинамических методов расчетов, создание термогидродинамических методов гидродинамических комплексов могут стать одним из основных направлений развития нефтяной промышленности [1].

К сожалению, мало изучен и разработана концепция в глубоких скважинах пробуренных с морских буровых установок (МБУ). Промывка в циркуляционных комплексов МБУ замкнутого типа для критических случаев бурения скважины. Это еще раз доказывает, что необходимы дальнейшие разработки, направленные на эффективное внедрение нефтяной промышленности с помощью строительства глубоких скважин и освоение запасов на месторождений нефтегаза [2].

**Постановка работы.** Как известно, на практике величину гидростатического давления определяют путем умножения удельного веса бурового раствора на глубину.

Однако при этом не учитывается глубина морей и океанов и буровой раствор, находящийся в скважине, в результате совместного влияния давлений и температур меняет свой объем, а вместе с ним и плотность, т.е. в результате давления он сжимается, а за счет температуры – расширяется.

**Результаты и обсуждение.** Исходя из условия линейного увеличения с глубиной давления и температуры, формулу для расчета величины гидростатического давления в скважине можно представить в следующем виде:

$$P = \gamma \cdot H \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – поправочный множитель;  $\gamma$  – удельный вес бурового раствора у устья скважины, Н/м<sup>3</sup>;  $H$  – глубина скважины.

Закономерность изменения с глубиной величины гидростатического давления, построенная на основании формулы (1) для реальных условий бурения.

При этом с увеличением глубины скважины расхождение в результатах расчетов гидростатического давления возрастает.

Одним из наиболее часто встречаемых видов осложнений в процессе проводки глубоких скважин является поступление из пласта флюида на МБУ (как правило, газа) после прекращения циркуляции бурового раствора. При этом продолжительность отсутствия циркуляции на практике, обусловленная длительностью спуско-подъемных операций, геофизических измерений, ремонтных работ и т.д., может достигать нескольких суток [3].

В данном случае основным мероприятием, естественно, является некоторое повышение плотности бурового раствора с целью достижения гидростатического давления до величины суммарного гидродинамического давления на забой скважины, при котором не было поступления флюида из пласта. Как правило, утяжеление бурового раствора при этом не дает положительного результата, и поступление флюида из пласта в скважину после прекращения циркуляции продолжает иметь место.

С другой стороны, очевиден тот факт, что флюид поступает из пласта в скважину в результате некоторого уменьшения гидростатического давления. Известно, что на величину гидростатического давления в скважине оказывает определенное влияние значение статического напряжения сдвига бурового раствора, а также конструкция скважины пробуренных с МБУ.

Реологические параметры бурового раствора с увеличением температуры в значительной степени уменьшается.

Более того, резкое уменьшение статического напряжения сдвига при повышенных температурах может явиться основным фактором поглощения, гидравлического разрыва пласта, а также нарушения седиментационной устойчивости бурового раствора в скважине. При этом фиксируемое «загущение» бурового раствора с ростом температуры (имеется в виду возрастающая ветвь параболы), истолкованное в литературе лишь как следствие интенсивной диспергации глинистого материала, может быть обосновано с учетом дополнительного фактора – дифференцированного осаждения твердых частиц и образования, таким образом, в вискозиметре постепенно увеличивающейся и упрочняющейся кольцевой пробки. Данный вариант трактовки этой зависимости обосновывает также причины возникновения гистерезисных петель и частичной обратимости структурно-механических свойств буровых растворов при циклическом изменении температуры.

Таким образом, для обеспечения седиментационной устойчивости буровых растворов в высокотемпературных скважинах возникает необходимость проектирования и поддержания на поверхности весьма высоких значений статического напряжения сдвига.

**Выводы.** Как уже было указано ранее, регулирование гидростатического давления путем повышения плотности бурового раствора в условиях высоких температур нецелесообразно. Поэтому необходимо провести меры по повышению седиментационной устойчивости буровых растворов. Одним из наиболее реальных путей при этом является широкое применение в процессе проводки глубоких скважин химических реагентов на основе водорастворимых полимеров, обеспечивающих стабильность буровых растворов при высоких температурах.

### Литература

1. Бурение разведочных скважин / Под общей редакцией проф. Н.В. Соловьева. – М. : Высшая школа, 2007.
2. Рабинович Н.Р. Методика центрирования обсадной колонны // Инженерные задачи механики сплошной среды в бурении. – М. : Недра, 1989.
3. Дадашев Н.А., Шамхалов Д.А. О проектировании значений статического напряжения сдвига буровых растворов // АНХ. – 1980. – № 10. – С. 27–30.

### References

1. Drilling Exploration Wells / Edited by Prof. N.V. Solovyov. – M. : Higher School, 2007.
2. Rabinovich N.R. Methodology of casing centering // Engineering problems of continuum mechanics in drilling. – M. : Nedra, 1989.
3. Dadashev N.A., Shamkhalov D.A. On designing values of static shear stress of drilling fluids // ASCh. – 1980. – № 10. – P. 27–30.

УДК 550.822.622.24

**ОСОБЕННОСТИ БУРЕНИЯ КУСТОВЫХ СКВАЖИН  
С САМОПОДЪЕМНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК  
НА ПЛОЩАДЯХ АБШЕРОНСКОГО АРХИПЕЛАГА**



**SPECIFIC FEATURES OF DRILLING BRUSH WELLS  
FROM SELF-UP DRILLING RIGS AT THE SITES OF  
THE ABSHERON ARCHIPELAGO**

**Ибрагимов Рафик Салман оглы**

канд. техн. наук, доцент  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Бахшалиева Ширин Октай кызы**

Доктор философии  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Ибрагимов Заур Рафик оглы**

магистр  
кафедры нефтегазовая инженерия,  
Азербайджанский Государственный  
Университет Нефти и Промышленности  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Аннотация.** Статье указано, что учитывая особенности бурения скважин с кустовых площадок Абшеронского архипелага при определении количества скважин, их расположения, а также направления движения буровой установки в кусте, необходимо, чтобы в направлении перемещения станка располагалось минимально возможное количество проектных забоев скважин. К сожалению, мало изучен и разработана концепция в глубоких скважинах пробуренных с морских буровых установок.

Предложен, что возможным использовать процесс естественного искривления как средство управления искривлением скважин.

**Ключевые слова:** разработка, бурения скважин, направление, наклонного ствола, механической скорости, глубина, кустовые площадки

**Ibrahimov Rafik Salman oglu**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Oil and Gas Engineering Department,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Bakhshaliueva Shirin Oktay gizi**

Doctor of Philosophy,  
Oil and Gas Engineering Department,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Ibragimov Zaur Rafiq oglu**

Master,  
Oil and Gas Engineering Department,  
Azerbaijan State Oil University of  
Oil and Industry  
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

**Annotation.** The article states that taking into account the peculiarities of drilling wells from well pads of the Absheron archipelago when determining the number of wells, their location, as well as the direction of movement of the drilling rig in the cluster, it is necessary that the minimum possible number of design bottomholes is located in the direction of movement of the rig. Unfortunately, the concept has been little studied and developed in deep wells drilled from offshore rigs.

It is suggested that it is possible to use the natural deviation process as a means of well deviation control.

**Keywords:** development, well drilling, direction, inclined wellbore, mechanical speed, depth, well pads.

**Введение.** Учитывая особенности бурения скважин с кустовых площадок Абшеронского архипелага при определении количества скважин, их расположения, а также направления движения буровой установки в кусте, необходимо, чтобы в направлении перемещения станка располагалось минимально возможное количество проектных забоев скважин.

**Постановка работы.** Очередность бурения скважин с кустовых площадок в зависимости от величины угла, измеряемого от направления движения станка до проектного азимута по ходу часовой стрелки [1]. Резкая пересеченность местности вызывает затруднения при выборе и подготовке кустовых площадок, а направление движения станка на последних колеблется в широком диапазоне. Исходя из изложенного, в таблицах 1 и 2 приводится очередность бурения скважин с кустовых площадок, заложен-

ных соответственно на южной и северной частях моноклинали, в зависимости от угла  $\gamma$ , образованного между азимутом восстания пласта и направлением движения станка. Так, например, при  $\gamma = 90^\circ$  (табл. 1) в первую очередь бурятся скважины, для которых проектные азимуты с направлением движения станка образуют угол, равный  $210\text{--}240^\circ$ , причем сначала ведется бурение скважин с большим зенитным углом, а затем скважин, для которых вышеуказанный угол равен  $305\text{--}325^\circ$ .

**Результаты и обсуждение.** Для предотвращения встречи стволов скважин особое внимание следует обращать на глубину забуривания наклонного ствола. При этом расстояние между точками забуривания двух соседних скважин должно быть не менее 30 м, если разница в азимутах забуривания менее  $10^\circ$ , не менее 20 м, если разница составляет  $10\text{--}20^\circ$  и 10 м, если азимуты забуривания отличаются более чем на  $20^\circ$ . Кроме того, глубина забуривания наклонного ствола выбирается в зависимости от величины угла, измеряемого от направления движения станка до проектного азимута по ходу часовой стрелки:

1. Для скважин, вводимых в первую очередь, первая скважина забуривается с минимальной глубины. Глубина забуривания каждой последующей скважины выбирается больше, чем предыдущей.

2. Для скважин, вводимых во вторую очередь, допускается забуривание выше, чем в предыдущей скважине.

При забуривании наклонного ствола выше, чем предыдущей скважине, особое внимание следует уделить тому, чтобы не пересекались плоскости бурящейся и ранее пробуренной скважины.

Важным фактором увеличения скоростей бурения наклонных скважин является учет влияния типа профиля и азимута скважины на механическую скорость. Необходимо проектировать такой профиль, который при прочих равных условиях обеспечивал бы получение максимальной механической скорости. Изменяя местоположение кустовых площадок, а также скважин между кутами, следует выбирать проектными направлениями азимуты естественного искривления. В этом случае представляется возможным использовать процесс естественного искривления как средство управления искривлением скважин.

**Таблица 1** – Очередность бурения наклонных скважин по восстанию пласта с кустовой площадки

Очередность бурения скважин	Угол между азимутом восстания пласта и направлением движения станка, градус							
	0	45	90	135	180	225	270	315
	Угол между проектным азимутом и направлением движения станка, градус							
I	300–330 35–65	255–285	210–240	165–195	120–150 215–235	170–190	125–145	80–100
II		350–10	305–325	260–280		75–105	30–60	355–15

**Таблица 2** – Очередность бурения наклонных скважин по падению пласта с кустовой площадки

Очередность бурения скважин	Угол между азимутом восстания пласта и направлением движения станка, градус							
	0	45	90	135	180	225	270	315
	Угол между проектным азимутом и направлением движения станка, градус							
I	125–145 215–235	170–190	125–145	30–100	35–55 305–325	260–280	215–235	170–190
II		80–100	35–55	350–10		350–10	305–325	260–280

**Выводы.** В случае, когда указанные выше рекомендации об учете закономерностей естественного искривления трудно осуществить или нецелесообразно их осуществление, могут быть использованы не один, а два азимута естественного искривления и запроектированы профили наклонных скважин с двумя противоположными и перпендикулярными азимутами естественного искривления.

### Литература

1. Инструкция по бурению наклонных скважин с кустовых площадок на нефтяных месторождениях Западной Сибири: РД 39-2-171-79 / Изд-во нефт. пром-ти. СибНИИНП. – Тюмень, 1979. – С. 72.
2. Бурение разведочных скважин / Под общей редакцией проф. Н.В. Соловьева. – М. : Высшая школа, 2007.
3. Рабинович Н.Р. Методика центрирования обсадной колонны // Инженерные задачи механики сплошной среды в бурении. – М. : Недра, 1989.

### References

1. Instruction for drilling directional wells from well pads in the oil fields of Western Siberia: RD 39-2-171-79 / Ed. of Oil Industry. SibNIINP. – Tyumen, 1979. – P. 72.
2. Drilling Exploratory Wells / edited by Professor N.V. Solovyov. – M. : The Higher School, 2007.
3. Rabinovich N.R. Technique of Casing String Centring // Engineering Problems of Continuous Media Mechanics in Drilling. – M. : Nedra, 1989.

УДК 622.245.723

**АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗАКАНЧИВАНИЯ СКВАЖИН  
НА САХНОВСКОМ НЕФТЕГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**



**ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE TECHNOLOGY  
OF INTELLIGENT WELL COMPLETION  
ON THE SAKHNOVSKOYE OIL AND GAS FIELD**

**Меринов Иван Андреевич**

главный специалист  
управления по организации и контролю  
бурения скважин на месторождениях и ПХГ,  
ООО «Газпром инвест»  
ivanmerinov@bk.ru

**Савенок Ольга Вадимовна**

доктор технических наук, профессор  
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и  
газовых месторождений и подземной гидромеханики,  
Ухтинский государственный технический университет  
olgasavenok@mail.ru

**Аннотация.** В статье описана технология интеллектуального заканчивания скважин на Сахновском месторождении. Рассмотрена текущая схема заканчивания скважин и рекомендуемая конструкция скважины для бурения добывающих скважин на продуктивный горизонт. Приведена технология интеллектуального заканчивания скважин, включающая в себя систему забойных датчиков и регулирующих клапанов, которые позволяют принять меры для оптимизации добычи или закачки. Показано, что на данный момент на рынке внутрискважинного оборудования в России системы интеллектуального заканчивания представлены разработками только зарубежных производителей.

**Ключевые слова:** особенности разработки месторождения; текущая схема заканчивания скважин; выбор конструкции скважин; технология интеллектуального заканчивания скважин; концепция «умная» скважина; анализ возможности применения технологии в условиях Сахновского месторождения; выбор объекта для применения технологии на Сахновском месторождении.

**Merinov Ivan Andreevich**

Chief Specialist of the Office for  
Organization and Control of Well Drilling  
on the Fields and Underground  
Gas Storages,  
LLC «Gazprom Invest»  
ivanmerinov@bk.ru

**Savenok Olga Vadimovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Department of Development and  
Operation of Oil and Gas Fields and  
Underground Hydromechanics,  
Ukhta State Technical University  
olgasavenok@mail.ru

**Annotation.** The article describes the technology of intelligent well completion in the Sakhnovskoye field. The current well completion scheme and the recommended well design for drilling production wells into the productive horizon are considered. The technology of intelligent well completion is presented, which includes a system of downhole sensors and control valves, which allow taking measures to optimize production or injection. It is shown that at the moment on the downhole equipment market in Russia, intelligent completion systems are represented by the developments of only foreign manufacturers.

**Keywords:** features of the field development; current well completion scheme; selection of well design; intelligent well completion technology; smart well concept; analysis of the possibility of applying the technology in the conditions of the Sakhnovskoye field; selection of an object for the application of technology at the Sakhnovskoye field.

**Особенности разработки месторождения**

**Н**а Сахновском нефтегазовом месторождении принят кустовой метод бурения скважин с расположением кустов вне водоохранных зон и территорий гослесфонда с целью минимизации нанесения ущерба природной среде.

Особенностями разработки являются:

- преимущественное применение горизонтальных скважин;
- применение закачки газа в пласт с целью ППД.

Преимуществом горизонтальных скважин вместо вертикальных является:

- сокращение фонда скважин более чем в 3 раза;
- увеличение начального дебита более чем в 6 раз по сравнению с вертикальной или наклонно-направленной скважиной.

Обратная закачка газа в пласт:

- увеличение КИН на 1,5 %;
- 100 % утилизация газа.



### **Залежь пласта НХ-I**

Нефть пласта НХ-I характеризуется большим газосодержанием. При снижении пластового давления начинается разгазирование нефти. Это приведёт к снижению подвижности нефти и росту газового фактора. В результате скважины будут отключаться из-за загазовывания продукции. Пластовое давление в зоне отбора необходимо поддерживать на уровне начального пластового давления. Соотношение подвижностей воды и нефти меньше единицы, поэтому соотношение добывающих и нагнетательных скважин должно быть близко к единице. Это обеспечит поддержание пластового давления в зоне отбора и позволит избежать разгазирования нефти в пласте.

### **Залежь пластов НХ-III-IV**

В технологической схеме разработки принят вариант однорядной системы горизонтальных скважин с заводнением и обратной закачкой газа в газовую шапку. Длина горизонтального участка и расстояние между скважинами в ряду равны 1000 м. Залежь характеризуется высокой послойной неоднородностью по проницаемости. В процессе добычи нефти основной задачей будет выработка запасов по мощности залежи. Залежь может разрабатываться как горизонтальными, так и вертикальными или наклонно-направленными скважинами.

Способ эксплуатации – электроцентробежными насосами. Рабочее давление на устьях добывающих скважин принято 4,0 МПа, расчётное – 7,0 МПа.

Режим эксплуатации нефтяных залежей принят с поддержанием пластового давления.

В проекте принята герметизированная система совместного сбора обводнённой нефти и газа от проектных кустов до УПСВ. Продукция добывающей скважины под устьевым давлением до 4,0 МПа по замерному коллектору поступает на блок замера (ГЗУ) с многофазным расходомером, расположенный на этом же кусте. В блоке осуществляется поочерёдный замер дебита по жидкости (нефть, вода) и газу по заданной программе.

После замерного блока продукция скважины смешивается с общим потоком и поступает в систему нефтесбора от кустов и далее по нефтегазосборным коллекторам подаётся на УПСВ, где проводится обезвоживание поступающей жидкости. Далее смесь нефти и газа с 10 % обводнённостью под давлением поступает на ЦПС. Пластовая вода подаётся на водоподготовку для последующей закачки в систему ППД.

На месторождении намечается строительство 36 кустовых площадок с песчаным основанием. На сегодняшний день построено 32 кустовых площадки.

### **Текущая схема заканчивания скважин**

В зависимости от типа залежи, на которую планируется бурение скважины, определяется конструкция скважины и соответствующие ей глубины спуска обсадных колонн, диаметры, глубины цементирования. В соответствии с глубинами спуска обсадных колонн определяются типы буровых установок и типы применяемых компоновок бурового инструмента.

Конструкция скважин должна обеспечивать:

- проводку скважины до проектной глубины; рациональное вскрытие продуктивных горизонтов;
- предупреждение осложнений в процессе бурения;
- минимизация затрат на строительство скважин;
- предупреждение растепления устья скважины;
- охрану недр путём надёжного разобщения флюидосодержащих горизонтов друг от друга для предупреждения перетоков нефти, газа и минерализованных вод между пластами или выхода их на дневную поверхность.

Выбор конструкции скважин необходимо осуществлять в соответствии с требованиями документа Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», а также согласно требованиям руководящего документа «Регламент технологии строительства скважин в условиях многолетнемёрзлых пород с контролем качества в процессе буре-

ния и крепления» (РД-39-009-90). При этом должен учитываться опыт строительства разведочных и эксплуатационных скважин на Сахновском месторождении.

По своему назначению обсадные колонны должны обеспечивать:

- направление – предотвращение растепления ММП на устье скважины;
- кондуктор – перекрытие интервала залегания ММП, а также предупреждения гидроразрыва пластов при ликвидации возможного газопроявления из отложений долганской свиты (оборудуется противовыбросовым оборудованием – ПВО);
- промежуточная колонна – перекрытие продуктивных газонасыщенных пластов долганской свиты (оборудуется ПВО);
- эксплуатационная колонна – изоляцию продуктивного пласта для качественного испытания и последующей эксплуатации;
- хвостовик в горизонтальном стволе – эксплуатацию вскрытых продуктивных пластов.

Типовая конструкция скважины для бурения добывающих скважин на продуктивный горизонт нижнехетской свиты Нх-III-IV представлена в таблице 1.

**Таблица 1** – Рекомендуемая конструкция скважины для бурения добывающих скважин на продуктивный горизонт нижнехетской свиты Нх-III-IV

Назначение колонны	Диаметр, мм		Интервал спуска		Высота поднятия цемента
	Долота	колонны	По вертикали	По стволу	
1	2	3	4	5	6
Направление	490	426	0-30	0-30	До устья
Кондуктор	394	324	0-620	0-620	До устья
Промежуточная колонна	295	245	0-1600	0-1730	До устья
Эксплуатационная колонна	220	178	0-2770	0-3906	В соответствии с геологическими условиями
Хвостовик	152	114	2761-2775	3806-4906	Не перфорируемая часть

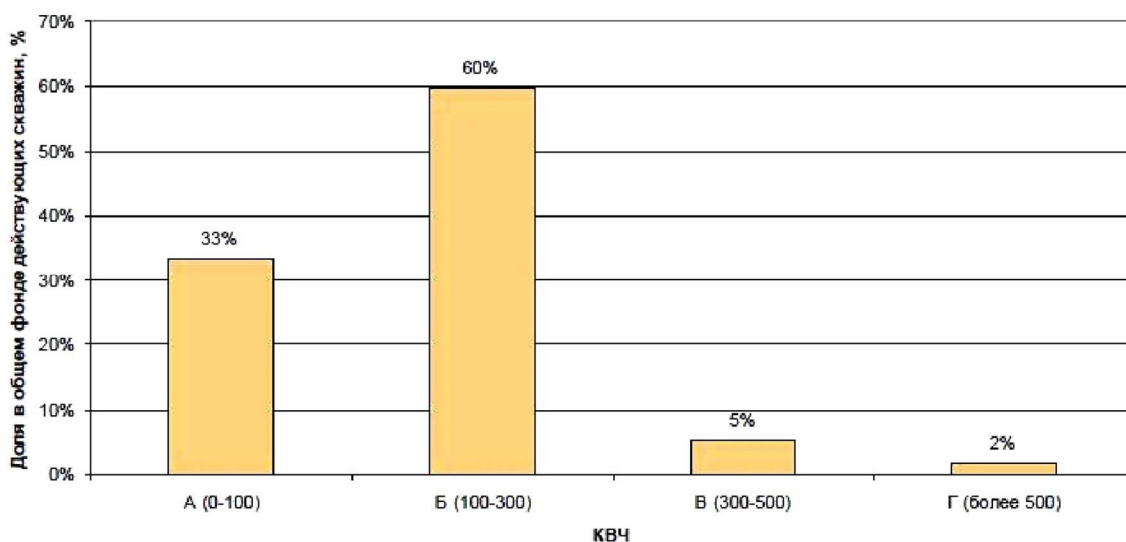
Продуктивными отложениями Сахновского месторождения являются слабосцементированные терригенные породы, следовательно, вынос механических примесей при скважинной добыче обусловлен литологией объектов разработки. При таких особенностях строения коллектора наличие депрессий, необходимых для промышленной добычи углеводородов, неизбежно приводит к выносу механических примесей.

Влияние технологического режима работы скважин на содержание механических примесей в их продукции нашло подтверждение в следующих зависимостях: механических примесей от обводнённости продукции; механических примесей от депрессии на пласт; механических примесей от коэффициента продуктивности скважин. Однако анализ большого числа факторов, влияющих на вынос механических примесей из скважин, свидетельствует о том, что разрушение продуктивного пласта в процессе эксплуатации является весьма сложным механическим, физическим и физико-химическим процессом, развивающимся во времени.

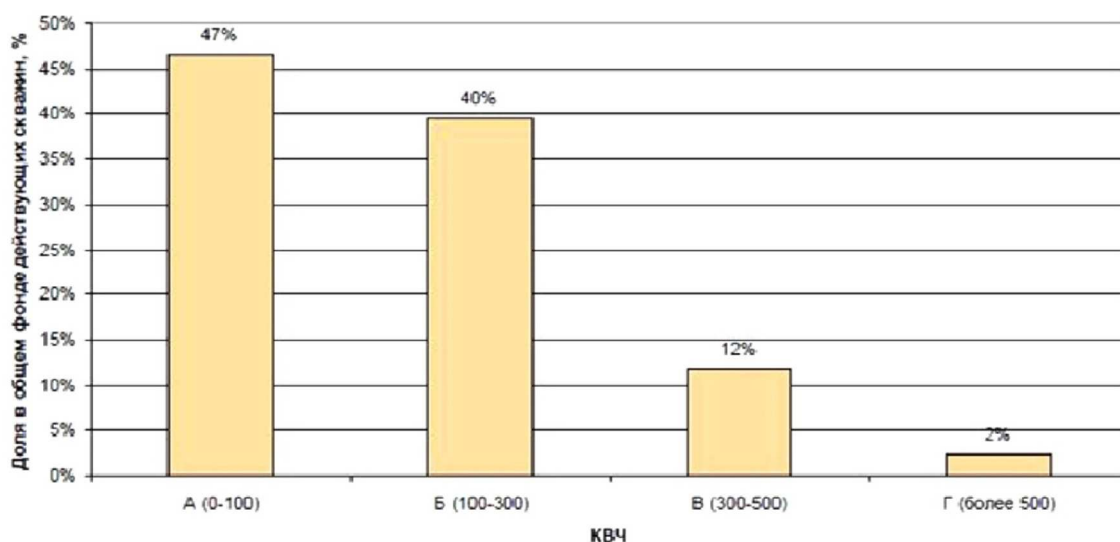
Спектр технических решений проблемы выноса взвешенных частиц весьма низок и сводится в основном к трём направлениям:

- 1) подбор износостойкого оборудования;
- 2) закрепление прискважинной зоны пласта крепящими составами;
- 3) установка механических фильтров (как на забое, так и в компоновке УЭЦН).

На Сахновском месторождении в целом по объектам разработки отмечается качественная зависимость увеличения количества взвешенных частиц в продукции скважин от обводнённости. Распределение количества взвешенных частиц по группам пластов Як-III-VII и Нх-III-IV Сахновского месторождения представлено на рисунках 1 и 2 соответственно.



**Рисунок 1** – Распределение количества взвешенных частиц по группам пласта Як-III-VII Сахновского месторождения

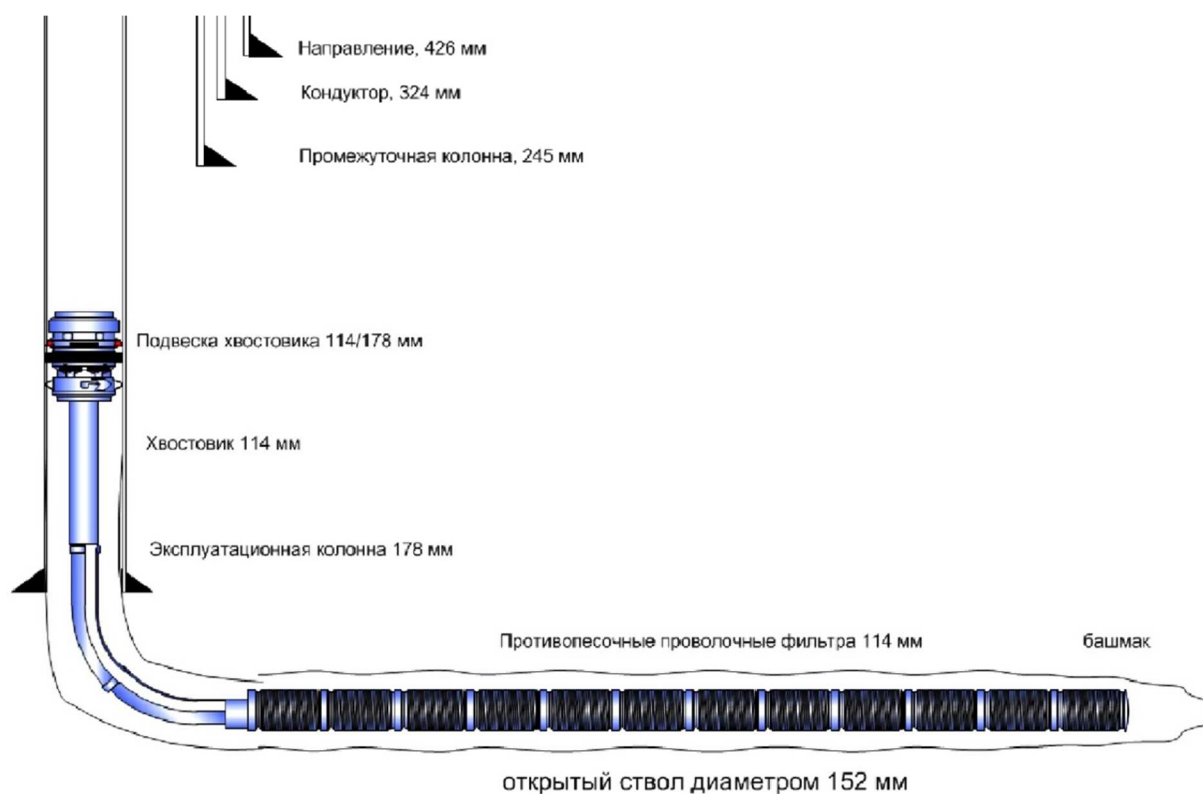


**Рисунок 2** – Распределение количества взвешенных частиц по группам пласта Нх-III-IV Сахновского месторождения

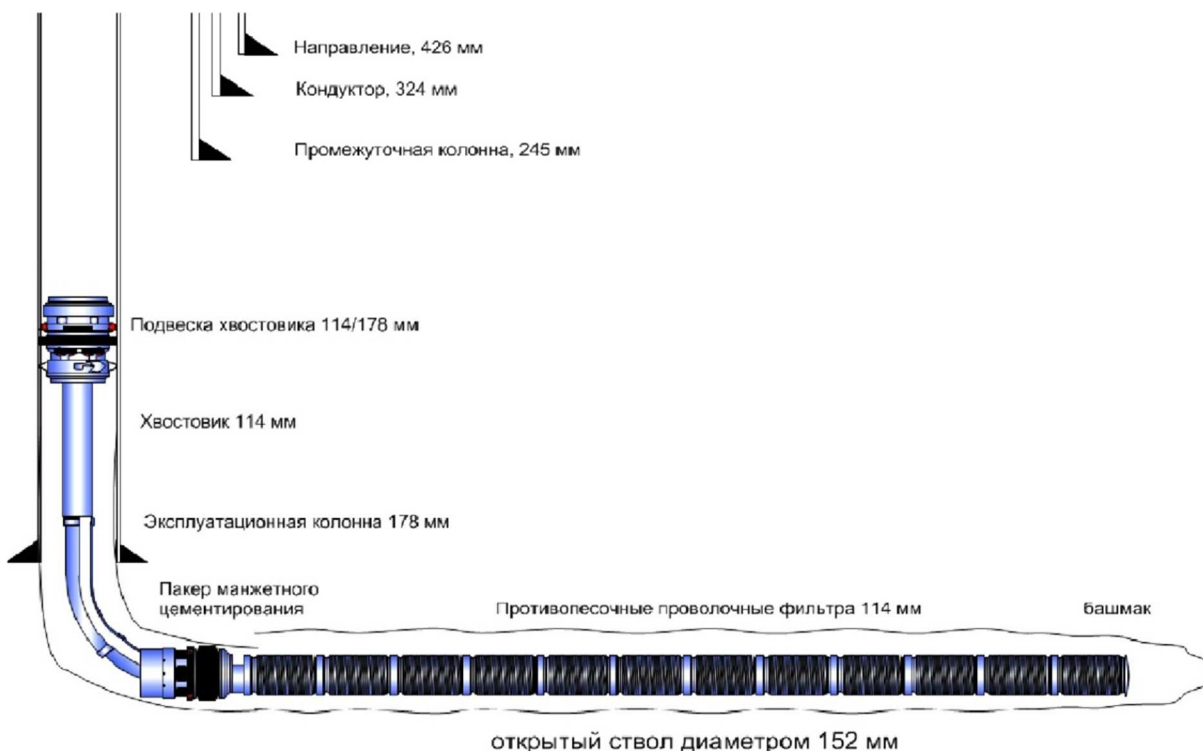
В качестве борьбы с пескопроявлением на горизонтальных скважинах Сахновского месторождения в качестве хвостовиков используются противопесочные фильтры с проволочные обмоткой российского и зарубежного исполнения. На основании гранулометрического анализа состава взвешенных частиц в качестве размера щелей фильтроэлемента был выбран размер 250 микрон. Данный размер стимулирует вынос мелких частиц и очищение прифилтровой зоны от шлама и мелких фракций, а также предотвращает попадание крупных частиц в скважину, грозящих эрозией подземного и устьевого оборудования и потерей контроля за работой скважины.

Типовая схема заканчивания горизонтальной добывающей скважины представлена на рисунке 3. В компоновку хвостовика входят: пакер подвески хвостовика 114/178 мм (подвеска устанавливается на 100 метров выше башмака эксплуатационной колонны 178 мм), глухие трубы 114 мм, проволочные противопесочные фильтры 114 мм, башмак. В случае бурения и заканчивания скважин в подгазовых зонах в компоновку заканчивания добавляется пакер манжетного цементирования и используется цементировочный пакер подвески хвостовика (рис. 4). В этом случае интервал от точки входа в кровлю пласта до пакера подвески цементируется через пакер манжетного цементирования.

Данная система заканчивания предназначена для предотвращения прорывов газа по заколонному пространству в скважину.



**Рисунок 3** – Схема заканчивания горизонтальной добывающей скважины Сахновского месторождения



**Рисунок 4** – Схема заканчивания горизонтальной добывающей скважины Сахновского месторождения при бурении подгазовых зон

Одним из самых критичных моментов при заканчивании горизонтальных скважин является использование заколонных разбухающих пакеров. К такому решению постепенно приходят практически все нефтяные компании, использующие горизонтальные скважины. Часть скважин Сахновского месторождения была закончена с использованием данной технологии. Разбухающие пакера представляют собой специальную

резину, которая разбухает до определённых размеров при контакте либо с водой, либо с нефтью. В случае возможных проблем с обводнённостью скважины рекомендуется ставить такие пакера попарно на каждую зону. Существует значительный риск повреждения резины разбухающих пакеров при спуске в горизонтальные скважины со значительной интенсивностью искривления ствола, поэтому такие компоновки оснащаются центраторами.

Существует несколько факторов, объясняющих растущую популярность использования данного оборудования. В случаях, когда ствол скважины проведён по хорошо сцементированным или карбонатным породам (при заканчивании горизонтальной скважины тем или иным видом противопесочного фильтра или перфорированной трубой) значительная часть потока пластового флюида может протекать в затрубном пространстве между стенкой скважины и внешним диаметром трубы. Соответственно данный объём пластового флюида будет попадать внутрь фильтра только в пяточной части горизонтальной скважины. Таким образом, при прорыве воды или газа в добывающую скважину, законченную без использования заколонных пакеров, определить интервал прорыва по результатам промыслово-геофизических исследований не представляется возможным. Также практически невозможно будет провести эффективные ремонтно-изоляционные работы по устранению интервала прорыва воды или газа путём закачки различных тампонажных и изолирующих растворов (в виду их перетока в другие зоны по затрубному пространству). Использование заколонных пакеров и сегментация с помощью них ствола скважины на несколько зон позволит не только точно выявить проблемный интервал с помощью ПГИ, но и в последующем эффективно изолировать данный интервал прорыва газа или воды. При этом появляется возможность решить проблему не только с помощью закачки тампонажных или других изолирующих растворов, но и с помощью установки моста из глухих труб и заколонных пакеров внутрь текущего заканчивания скважины. Также использование заколонных пакеров позволяет отсечь глухими трубами интервалы глин. Это необходимо для предотвращения массивной миграции глинистых частиц по затрубному пространству и последующему засорению противопесочных фильтров.

Разбухающий заколонный пакер показан на рисунке 5. Схема заканчивания горизонтальной скважины с заколонными разбухающими пакерами представлена на рисунке 6.

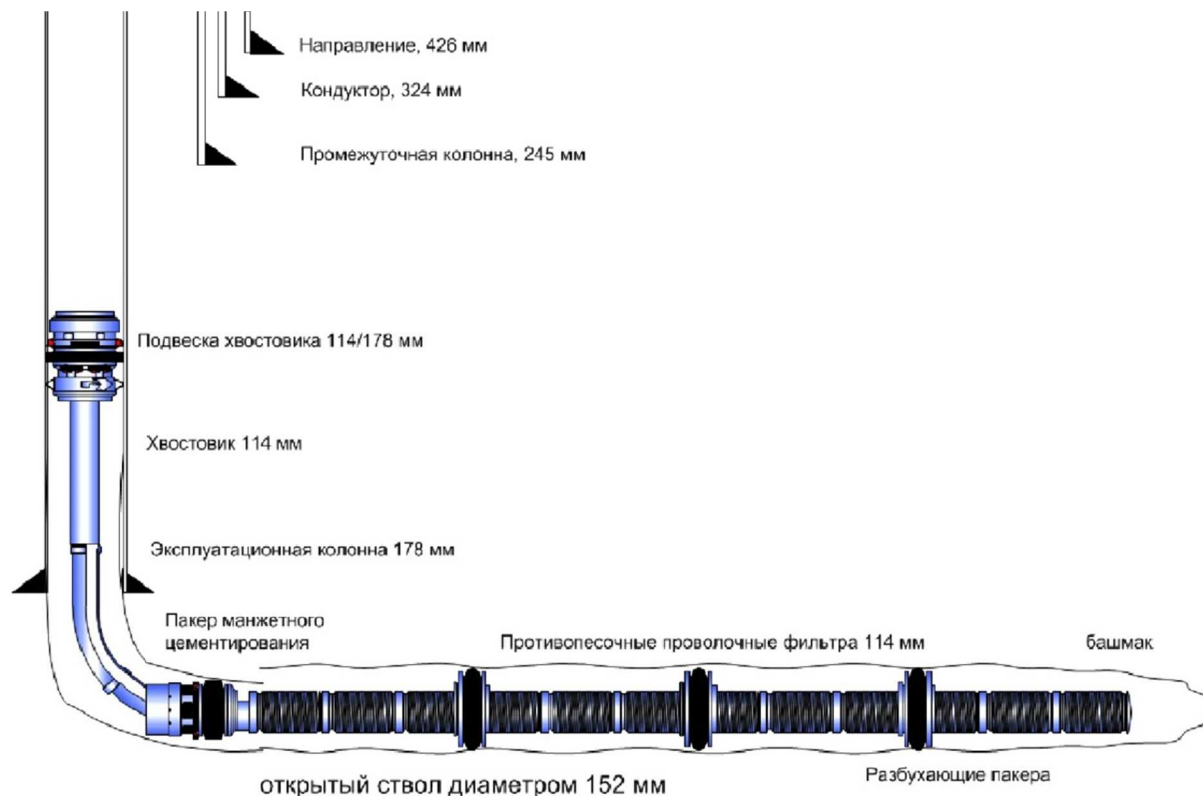


Рисунок 5 – Разбухающий заколонный пакер

За последние несколько лет в России на различных месторождениях было проведено несколько опытно-промышленных работ и началось внедрение пассивных систем контроля притока зарубежных производителей для оптимизации работы законченных открытым стволом скважин. Данные системы представляют собой противопесочные фильтры с установленными на них устройствами контроля притока (ICD). Эти устройства создают дополнительные перепады давления (либо за счёт трения, либо гидравлически, либо их комбинацией) по длине скважины. Устройства устанавливаются



ся один раз на всё время работы скважины и не могут заменяться в процессе её эксплуатации. Таким образом, в различных участках скважины можно установить различные сопротивления потоку из пласта в скважину. С помощью разделения скважины заколонными пакерами на сегменты стараются добиться отсутствия перетоков между ними.



**Рисунок 6** – Схема заканчивания горизонтальной добывающей скважины с использованием заколонных пакеров

При разработке месторождений горизонтальными скважинами большой длины, а также при значительных дебитах существенным становится влияние перепада давления в стволе скважины. Потери давления за счёт трения могут достигать значения величины депрессии, что может ограничивать оптимальную длину горизонтального участка и приводить к значительной разнице в депрессии на пласт в зонах пятки и носка скважины. Такая разница может приводить к прорывам подошвенной воды в пяточной области скважины в случае водоплавающей залежи или газа при разработке подгазовой зоны. Использование систем заканчивания с устройствами контроля притока позволяет нивелировать разницу давления в стволе скважины и выровнять профиль притока. В случае, когда горизонтальная скважина проходит по неоднородному по фильтрационным свойствам пласту, высока вероятность быстрого прорыва газа или воды по высокопроницаемым зонам (зонам с повышенной трещиноватостью). Использование систем заканчивания с устройствами контроля притока даёт возможность «прижать» высокопроницаемые зоны и, тем самым, интенсифицировать приток из низкопроницаемых участков.

На сегодняшний день на рынке нефтегазового оборудования представлены два основных типа устройств контроля притока, производимых зарубежными компаниями, использующих различные механизмы создания дополнительного сопротивления притоку из пласта, – *трубочно-винтовой* и *штуцерный*. На рисунках 7 и 8 показаны трубочно-канальные устройства контроля притока (производство компании «Baker Hughes») и штуцерные системы (производство компании «Schlumberger») соответственно.

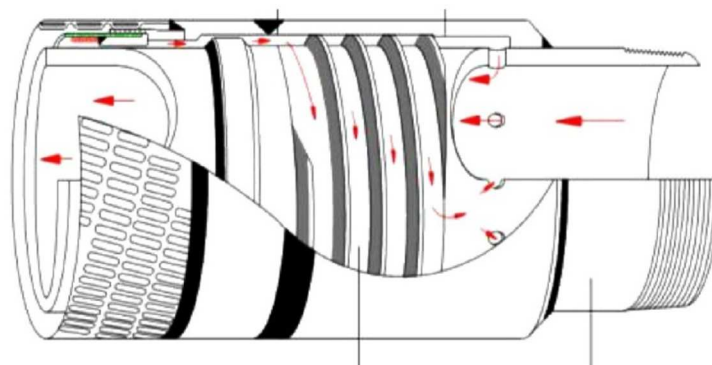


Рисунок 7 – Устройство контроля притока («Baker Hughes»)

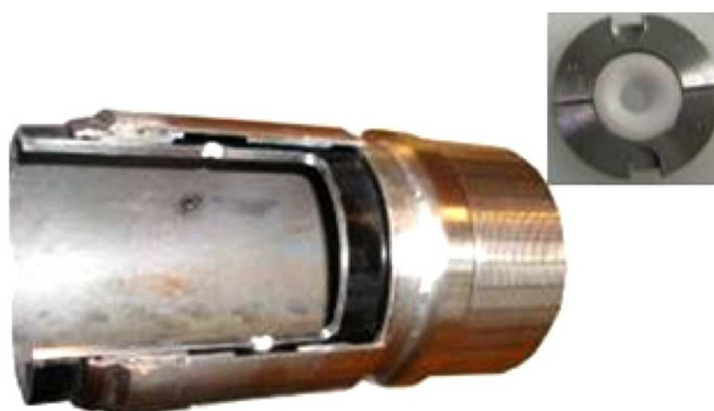


Рисунок 8 – Устройство контроля притока («Schlumberger»)

Ниже приведено описание принципов работы и характеристики данных систем, анализируются их преимущества и недостатки, а также проводится сравнительная оценка надёжности работы в условиях крупного месторождения в Восточной Сибири для последующего обоснования выбора оборудования, использующего тот или иной способ создания сопротивления потоку. В качестве основных недостатков трубчечно-винтовых систем контроля притока указывается высокий риск раннего закупоривания винтовых каналов.

Основным же недостатком штуцерных систем контроля притока является то, что поток флюида, проходя через штуцер, приобретает очень большую скорость, что, в свою очередь, значительно повышает риск эрозии оборудования. Расточка штуцеров в результате эрозии может привести к быстрому снижению способности оборудования создавать сопротивление потоку и тем самым может существенно ухудшить показатели работы скважины.

На Сахновском месторождении в ряде скважин, пробуренных в подгазовых зонах, использовались устройства контроля притока производства «Schlumberger» и «Baker Hughes».

Все пассивные устройства контроля притока должны настраиваться в зависимости от распределения фильтрационных свойств. Это несёт в себе определённые риски, связанные с возможными ошибками в геологической модели, неверной интерпретации геофизических данных, риском недоспуска компоновки заканчивания до намеченной глубины, а также изменением характера притока с течением времени эксплуатации скважины.

Это особенно характерно для разработки месторождений с контактными запасами, разрабатываемыми горизонтальными скважинами. Здесь критичным становятся ранние прорывы газа или воды, которые практически невозможно предотвратить. Как показывает опыт внедрения зарубежных систем контроля притока, при разработке нефтяных оторочек с массивной газовой шапкой (ярким примером является Сахновское месторождение и месторождение имени Ю. Корчагина в Каспийском море) удаётся лишь отсрочить время прорыва газа на определённый период. Через непродолжительное время газ прорывается в скважины. К сожалению, ни штуцерные, ни трубчечно-

винтовые системы контроля притока не позволяют ограничить приток газа, вследствие чего приходится снижать депрессию на пласт (тем самым снижая дебит скважины), либо производить периодические остановки скважины, либо окончательно выводить скважины из добывающего фонда. Это касается и прорывов воды от нагнетательных скважин ППД.

То есть можно сделать вывод, что пассивные системы контроля притока позволяют отложить на определённый момент времени прорыв воды или газа, но не позволяют оперативно вмешиваться в характер притока скважины в зависимости от изменившихся условий в призабойной зоне. Для этих целей предлагается использование интеллектуальных систем заканчивания скважин.

### **Технология интеллектуального заканчивания скважин**

Ведущие зарубежные нефтегазовые и сервисные компании давно и успешно работают в направлении интеллектуального заканчивания скважин.

Всесторонний контроль параметров в процессе разработки, а также возможность регулирования работы отдельных интервалов без проведения КРС позволяет увеличить коэффициент извлечения нефти, повысить экономическую эффективность и безопасность производства. В последнее время в России всё больше внимания уделяется интеллектуализации скважин. Приходит понимание преимуществ и экономической целесообразности оснащения скважин системами мониторинга и управления ими в режиме реального времени. Это важно для оперативного контроля и своевременного принятия решений по ГТМ, контроля и поддержания пластового давления, интерпретации данных гидродинамики с целью выявления геологических особенностей пласта на значительном удалении от скважины и уточнения запасов. Системы постоянного мониторинга повышают безопасность и снижают себестоимость, поскольку снимают необходимость периодически останавливать скважину для выполнения ГДИС манометрами, спускаемыми на проволоке или кабеле.

Интеллектуальное заканчивание скважины, как правило, включает в себя систему забойных датчиков и регулирующих клапанов, которые позволяют принять меры для оптимизации добычи или закачки. Регулирующие клапана бывают двухпозиционные (работающие только в двух режимах: ОТКРЫТ/ЗАКРЫТ) или регулируемые (дроссельные клапана) с возможностью работы на штуцерах разного размера, предоставляющие больше возможностей для управления зональным притоком или закачкой. Та же скважина помимо датчиков давления/температуры может иметь также расходомеры в каждой зоне и распределённые датчики температуры по стволу скважины. Оборудование мониторинга скважины обладает функцией передачи информации на поверхность в режиме реального времени без необходимости проведения внутрискважинных работ.

Следующим уровнем управления добычей является концепция «умной скважиной – умного месторождения». В данной концепции должна быть обеспечена возможность аналитического управления как отдельной скважиной, так и множеством скважин месторождения с использованием информации, полученной от забойных систем мониторинга. Заложенный в систему аналитический алгоритм должен задействовать систему задвижек, клапанов в том или ином направлении в ответ на приближение параметров добычи к определённому порогу или в ответ на прохождение этого порога. В более общем виде данная концепция подразумевает, что некоторые или все скважины на месторождении, включая также и нагнетательные, передают данные о режиме работы: дебите или количестве закачиваемой жидкости, которые обрабатываются внутри математической модели этого месторождения в режиме реального времени. В свою очередь, технолог может в динамическом режиме регулировать дистанционно (без остановки скважины и проведения внутрискважинных работ) количество жидкости, закачиваемой в тот или иной пласт или, например, перекрывать добычу из определённого интервала, если обводнённость начинает повышаться. «Умные месторождения» – это инновационная технология, которая даёт возможность передавать информацию с кустовой площадки на пункт управления в реальном времени. «Умное месторождение» – это максимум измерений и контроля, позволяющих оптимизировать работу всех промысловых объектов: скважин, коллекторов, трубопроводов и других наземных объектов, а также получения данных для формирования в модели. Впоследствии на основе этих моделей можно разработать оптимальную конфигурацию интегрированной системы добычи.



Концепция «умного месторождения» не рассматривается в данной статье. Темой работы является только система интеллектуального заканчивания скважин и анализ возможности её применения в условиях Сахновского месторождения.

Система интеллектуального заканчивания скважин состоит из четырёх основных компонентов:

1) многоканальный пакер – для разобщения зон эксплуатации или закачки (многоканальность пакера требуется для проводки контрольных линий или электрических кабелей для клапанов и систем мониторинга);

2) регулируемый забойный клапан с дистанционным управлением (стандартно устанавливают либо двухпозиционные либо многопозиционные регулируемые клапаны). Связь с поверхностью осуществляется с помощью гидравлических контрольных линий, либо посредством электрического кабеля. На данный момент гидравлическое соединение является наиболее распространённой технологией;

3) средства мониторинга (датчики давления, температуры или оптоволоконная система распределённого замера температуры). Некоторые производители устанавливают датчики давления и температуры как снаружи, так и внутри оборудования заканчивания. Это даёт возможность оценить по перепаду давления и известному проходному сечению клапана расход с каждой зоны;

4) наземная система сбора и обработки информации и управления.

Схема интеллектуального заканчивания скважин и её основные компоненты изображены на рисунке 9. На данном рисунке система интеллектуального заканчивания устанавливается в качестве повторного заканчивания в горизонтальную скважину, законченную цементированным и перфорированным хвостовиком. Пакера разделяют зоны перфорации на гидродинамически несвязанные интервалы, которые возможно эксплуатировать как совместно, так и по отдельности. В случае заканчивания скважины противопесочными фильтрами и заколонными пакерами (как на Сахновском месторождении), внутрь хвостовика можно установить подобную систему интеллектуального заканчивания.

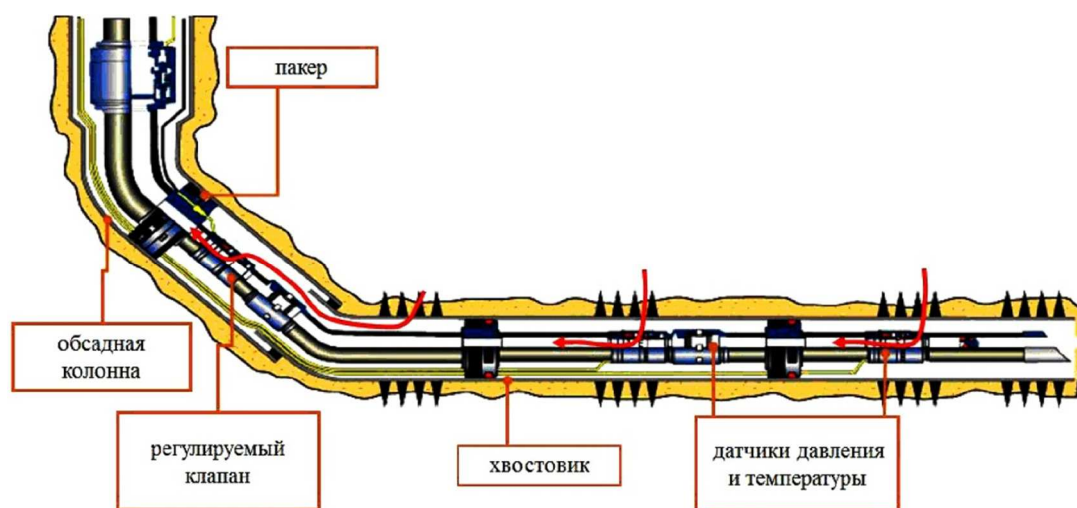


Рисунок 9 – Схема интеллектуального заканчивания скважин

В случае разработки хорошо цементированного коллектора (например, карбонатного месторождения), когда риски обрушения ствола скважины минимальны, интеллектуальное заканчивание возможно устанавливать в открытый ствол. На рисунке 10 показана схема интеллектуального заканчивания скважин для многозабойной скважины карбонатного месторождения. Данный подход позволяет эксплуатировать каждый боковой ствол скважин отдельно. В случае прорыва воды или газа по любому стволу данная система позволяет отсечь этот интервал от скважины без проведения внутрискважинных работ и без остановки добычи.



**Рисунок 10** – Схема интеллектуального заканчивания скважин для многозабойной скважины карбонатного месторождения

Оборудование интеллектуального заканчивания (пакера, клапана, системы мониторинга) спускается в скважину на колонне НКТ, а все гидравлические линии и электрические кабели присоединяются к НКТ хомутами для защиты во время СПО. Соответственно эксплуатация также ведётся через данную колонну НКТ. Таким образом, появляется одно из важных ограничений по возможности использования интеллектуальных систем заканчивания – данную систему возможно установить при фонтанной или газлифтной эксплуатации скважин. Например, при эксплуатации скважин УЭЦН не будет возможности разделить оборудование на нижнее и верхнее заканчивание. На данный момент для решения вышеописанной задачи ведутся разработки и опытные работы по внедрению системы связи «мокрое соединение», основанное на индукционном способе передачи данных.

На данный момент на рынке внутрискважинного оборудования в России системы интеллектуального заканчивания представлены разработками только зарубежных производителей:

Компания «Halliburton»: Интеллектуальная система заканчивания WellDynamics SmartWell® позволяет нефтяным компаниям оптимизировать процесс добычи без проведения затратных скважинных работ. Надёжные и испытанные системы SmartWell позволяют нефтяным компаниям осуществлять сбор, передачу и анализ данных по скважине, дистанционно управлять выбранными зонами пласта и достичь максимальной производительности пласта. Система заканчивания SmartWell представляет собой определённую комбинацию устройств для разобщения зон, устройств для управления интервалами, скважинных управляющих устройств, стационарных систем мониторинга, наземных систем мониторинга и управления, систем распределённого измерения температуры, программного обеспечения для сбора данных и управления и прочих компонентов системы.

Компания «Schlumberger»: Система IntelliZone Compact представляет собой модульную систему заканчивания скважин. Отличительной особенностью данной системы является концепция производства основных узлов для распространённых типоразмеров на «вырост» – «на склад». Это позволяет значительно сократить время доставки оборудования заказчику (до 6 месяцев по сравнению со стандартной поставкой от 1,5 лет).

К данному моменту интеллектуальные системы заканчивания скважин нашли широкое применение в индустрии как за рубежом, так и в России. В некоторых случаях применение данной технологии стало ключевым в вопросе повышения эффективности разработки месторождения.

Например, использование интеллектуальной системы заканчивания для одновременной разработки трёх зон на месторождении На-Кика в Мексиканском заливе (оператор компания «Shell») позволило повысить добычу по сравнению с последовательной разработкой на 28 %.

Одним из ярких примеров успешного внедрения интеллектуальной системы заканчивания скважин стала история компании «Statoil». На месторождении Gullfaks South (Гуллфакс Саут) в норвежском секторе Северного моря инженеры «Statoil» с помощью гидродинамического моделирования показали необходимость использования данных систем. Особенностью данного месторождения является структурная сложность целевого объекта с многочисленными тектоническими блоками, большая неоднородность и высокие риски преждевременного прорыва газа. Установка систем интеллектуального заканчивания в трёх горизонтальных добывающих скважинах позволило компании «Statoil» получить более чем двукратный прирост извлекаемых запасов (с 2,4 млн м<sup>3</sup> в 2001 до 5,4 млн м<sup>3</sup> в 2006).

Пример использования модульной интеллектуальной системы заканчивания скважин показан компанией «Petronas». На своём морском месторождении «S» в Восточной Малайзии «Petronas» выбрала 2 горизонтальные скважины (14 добывающих скважин на месторождении) для установки данной системы. Мониторинг работы различных участков скважины и соответствующее регулирование притока позволило избежать прорывов воды, а также прорыва газа из газовой шапки.

В России на данный момент интеллектуальные системы заканчивания скважин используются следующими добывающими компаниями:

– «Салым Петролеум Девелопмент Н.В.». На Салымской группе месторождений опытно-промышленная эксплуатация «умных скважин» началась в 2006 году. К настоящему времени данное оборудование установлено на 23 скважинах нефтепромысла. В данной компании считают, что технология «умных скважин» привлекательна с точки зрения экономики и экологии проекта, так как с её внедрением уменьшается количество кустов скважин и объёмы строительства внутрипромысловой инфраструктуры, а также соблюдаются требования законодательства в области охраны недр.

– «Сахалин Энерджи». Компания внедрила интеллектуальные системы заканчивания скважин не только для добывающих, но и для нагнетательных скважин на платформах «Лунская-А» и «Пильтун-Астохская-Б».

– «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть». Компания использует интеллектуальные системы заканчивания скважин в качестве перезаканчивания для борьбы с преждевременным прорывом газа из газовой шапки.

#### **Выбор объекта для применения технологии на Сахновском месторождении**

Выбор объекта Сахновского месторождения, определённого участка данного объекта и конкретной скважины для проведения опытно-промышленных работ по внедрению системы интеллектуального заканчивания скважины зависит от многих факторов, в том числе:

- геологические характеристики месторождения;
- степень расчленённости разреза и степень неоднородности фильтрационных характеристик пласта;
- расположение скважины относительно подгазовой зоны (если есть) и близость траектории скважины от ГНК, ВНК;
- возможные ограничения по методу эксплуатации и многие другие.

Сахновское месторождение является многопластовым: в отложениях мелового возраста выявлено 7 продуктивных пластов, содержащих 7 залежей. Для анализа применимости технологии нами рассмотрены объекты Сахновского месторождения с наибольшей вовлечённостью в разработку нефти – пласт Як-III-VII и пласты нижнехетской свиты (пласты Нх-I и Нх-III-IV).

Залежь пласта Як-III-VII газонефтяная, массивная, сводовая. Для пласта Як-III-VII ВНК определён в интервале – 1657,4 ÷ – 1632,1 м. Площадь залежи 274,9 км<sup>2</sup>, её общая толщина в среднем 94 м. Эффективная нефтенасыщенная толщина в разрезах скважин изменяется от 1,2 м до 45 м, составляя в среднем 17,3 м. Минимальная эффективная

газонасыщенная толщина составляет 0,4 м, максимальная достигает 22,2 м, а в среднем по залежи – 9 м. Скважины, пробуренные в 2011–2012 гг., свидетельствуют об усложнении геологического строения пласта Як-III-VII в северной части месторождения. Наблюдается более высокая расчленённость по сравнению с ожидаемой, и снижаются эффективные нефтенасыщенная толщины за счёт появления локальных зон глинизации.

Залежь пласта Нх-I нефтяная, пластовая, сводовая, литологически ограниченная. Положение ВНК изменяется от – 2672,2 до – 2646,0 м. Площадь нефтегазоносности 329,45 км<sup>2</sup>, средняя общая толщина пласта 54,9 м. Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 0,7 м до 18,5 м, составляя в среднем 7,3 м. Характерной геологической особенностью данного пласта является наличие зоны глинизации (защемления) пласта в северо-восточной части месторождения.

Залежь Нх-III-IV нефтегазоконденсатная, пластовая, сводовая. Абсолютная отметка положения ГНК составляет – 2716 м. Для пласта Нх-III-IV ВНК в скважинах определён в интервале – 2766,27 ÷ – 2748,2 м с общим наклоном в юго-восточном направлении. Площадь нефтегазоносности 290,3 км<sup>2</sup>, общая толщина пласта 72,83 м. Эффективная нефтенасыщенная толщина изменяется от 1,25 м до 37,25 м со средним значением по залежи 17,4 м. Эффективная газонасыщенная толщина изменяется от 1,2 м до 41,6 м со средним значением по залежи 13,9 м. Характерной геологической особенностью данного пласта является наличие пропластка с улучшенной проницаемостью (суперколлектора).

Для всех вышеперечисленных пластов характерно наличие газовой шапки. При этом для объекта Нх-I это связано с техногенными причинами – появление газовой шапки вследствие снижения пластового давления ниже давления насыщения в процессе разработки пласта. Для пластов Як-III-VII и Нх-III-IV одной из проблем эксплуатации является прорыв газа из массивной газовой шапки в горизонтальные скважины, пробуренные в подгазовой зоне.

Также для пластов Як-III-VII и Нх-III-IV проблемой является рост обводнённости скважин. При этом для добывающих скважин пласта Як-III-VII прорывы воды происходят от нагнетательных скважин систем ППД. Для пласта Нх-III-IV отмечается обводнение нижней части нефтяного интервала ввиду продвижения приконтурной воды в основную часть залежи по суперколлектору.

Таким образом, с точки зрения борьбы с прорывами воды и газа основными кандидатами для проведения опытно-промышленных работ по внедрению интеллектуальных систем заканчивая являются скважины пластов Як-III-VII и Нх-III-IV, расположенных в подгазовой зоне.

Геологический анализ условий осадконакопления пласта Нх-III-IV показал, что верхняя часть пласта Нх-IV представлена пачкой интервала улучшенной проницаемости (суперколлектора). Формирование пласта Нх-IV происходило в обстановке регрессирующего бассейна с увеличением гранулометрического профиля к кровле, что привело к улучшению коллекторских свойств в верхней части пласта. Отложения Нх-III накапливались в трансгрессивный цикл осадконакопления с отложением гранулометрически зрелых песчаников в подошве пласта.

На рисунке 11 представлена зависимость проницаемости от пористости пласта Нх-III-IV по лабораторным анализам кернa. Наличие двух трендов зависимости проницаемости от пористости объясняется присутствием суперколлектора в пласте Нх III-IV. Как представлено на данном графике, проницаемость суперколлектора на два порядка больше, чем проницаемость в других интервалах.

Анализ данных ПГИ по скважинам пласта Нх III-IV (рис. 12) показывает, что охват работой перфорированного интервала или интервала фильтра напрямую зависит от мощности суперколлектора, через который проходит ствол скважины во вскрытом интервале, этим и объясняется достаточно большой разброс долей охвата толщины коллектора работой. Как видно из данного рисунка, для многих скважин большая часть интервала скважины не работает, соответственно запасы данной области не выработываются.

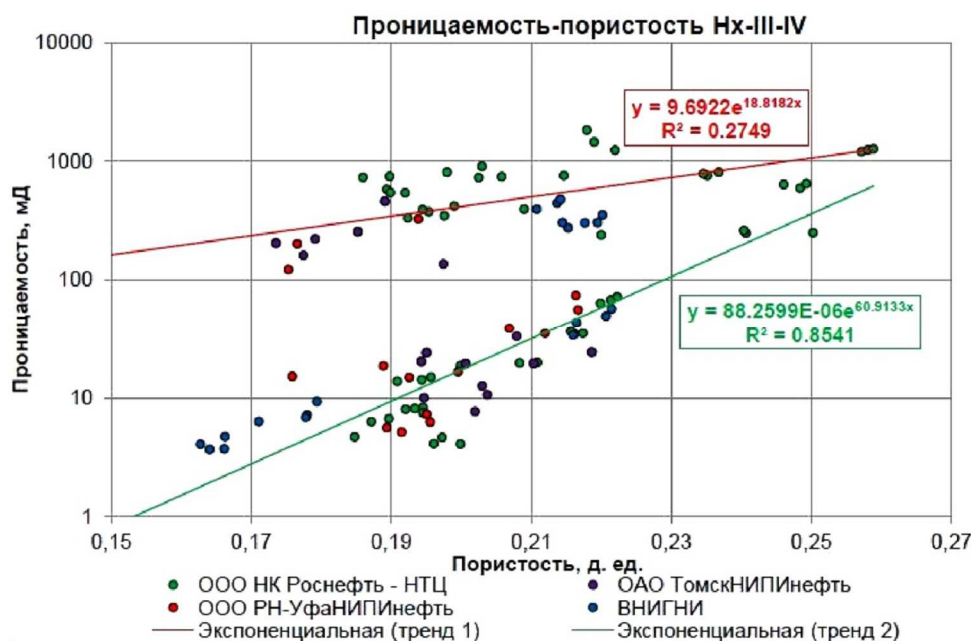


Рисунок 11 – Зависимость проницаемости от пористости пласта Нх-III-IV

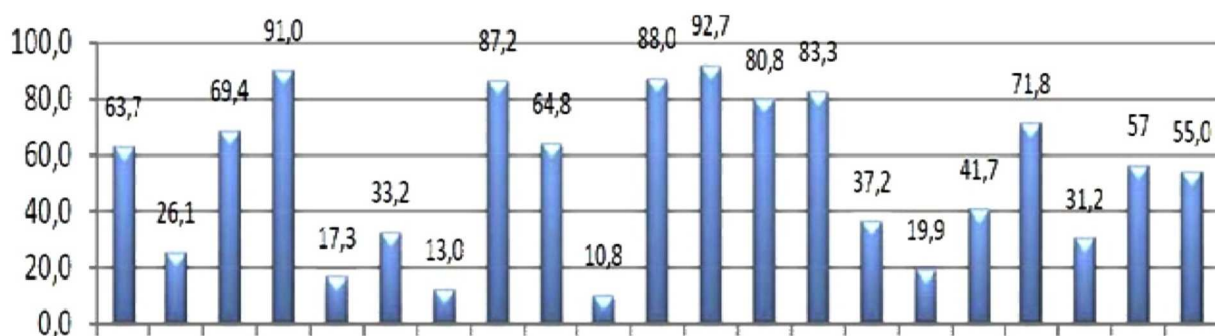


Рисунок 12 – Статистика работающей длины фильтра по пласту Нх-III-IV в группе ГС

Можно сделать вывод, что использование технологии интеллектуального заканчивания для скважин пласта Нх-III-IV может позволить выровнять профиль притока к скважине, а также позволит выработать запасы нефти из зон не суперколлектора. Это приведёт к увеличению срока службы скважины, повысит коэффициент охвата и увеличит КИН.

### Литература

1. Булатов А.И., Савенок О.В. Заканчивание нефтяных и газовых скважин: теория и практика. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 539 с.
2. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
5. Матвеев А.Ю. Обоснование выбора объекта разработки с использованием технологии интеллектуального заканчивания на Ванкорском нефтяном месторождении (Красноярский край): бакалаврская работа // Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР), Отделение нефтегазового дела (ОНД); науч. рук. Ю.А. Максимова. – Томск, 2019. [ Электронный ресурс] . – URL : <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/53538>
6. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.

7. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
8. Андреев К.В., Казанцев А.С., Шевченко О.Н. Определение дебита горизонтальной скважины с интеллектуальным заканчиванием // Нефтепромысловое дело. – 2021. – № 3 (627). – С. 25–28.
9. Власов А.И., Андреев К.В., Поплыгин В.В. Потенциальные возможности создания интеллектуальных месторождений в группе компаний «ЛУКОЙЛ» // Газовая промышленность. – 2014. – № 7 (709). – С. 43–45.
10. Даценко Е.Н., Орлова И.О., Авакимян Н.Н. использование горизонтальных скважин большой протяжённости с применением «интеллектуальной» системы контроля притока на примере шельфового месторождения имени Ю. Корчагина // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 231–254.
11. Журавлёв О.Н., Нухаев М.Т., Щелушкин Р.В. Российские системы заканчивания горизонтальных скважин // Нефтесервис. – 2013. – № 4. – С. 38–40.
12. Зайцев В.С., Абуталиева И.Р. Интеллектуальное заканчивание скважин // Материалы X Международной научно-практической конференции «Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа» (06 сентября 2019 года, г. Астрахань). – Астрахань : Издательство Астраханского государственного технического университета, 2019. – С. 39–45.
13. Анализ применения метода интеллектуального заканчивания скважин на нефтегазовом месторождении / К.А. Игликова [и др.] // Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции «Разработка и применение наукоемких технологий в целях модернизации современного общества» (29 января 2020 года, г. Киров). – Уфа : ООО «Омега Сайнс», 2020. – С. 33–35.
14. Кульчицкий В.В., Огородов А.В., Якунин С.А. Интеллектуальное заканчивание бурения скважин на обсадной колонне // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 3 (182). – С. 50–52.
15. Меринов И.А., Савенок О.В. Эффективность применения системы интеллектуального заканчивания скважин на Сахновском нефтегазовом месторождении // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 338–348.
16. Пироженко И.А., Рыбальченко Ю.М. Разработка технологии повышения эффективности заканчивания скважин методом селективно-манжетного цементирования // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 3. – С. 231–233.
17. Семёнов А.А., Исламов Р.А., Нухаев М.Т. Дизайн устройств пассивного контроля притока на Ванкорском месторождении // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 11. – С. 20–23.
18. Семикин Д.А., Нухаев М.Т., Жаковщиков А.В. Обзор систем контроля и регулирования притока (на примере месторождения имени Ю. Корчагина // Технологии нефти и газа. – 2017. – № 2 (109). – С. 44–48.
19. Фурсин С.Г., Григулецкий В.Г. О заканчивании скважин в условиях контролируемой депрессии на пласт // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2014. – № 1. – С. 17–23.
20. Фурсин С.Г., Григулецкий В.Г. О заканчивании скважин в условиях контролируемой депрессии на пласт // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2014. – № 2. – С. 29–35.
21. Цырин Ю.З., Проводников Г.Б. О совместных работах ВНИИБТ и СургутНИПИнефть по повышению эффективности заканчивания скважин // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 3. – С. 19–25.
22. Часовников Д.В. Использование набухающих пакеров при заканчивании горизонтальных скважин // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 3. – С. 125–128.
23. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O. Improving well construction efficiency in the context of drilling a wellbore and a pay zone: primary and secondary drilling // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments (JMERD). – 2018. – Vol. 41. – № 2. – P. 28–30.

## References

1. Bulatov A.I., Savenok O.V. Completion of oil and gas wells: theory and practice. – Krasnodar : LLC Prosveshchenie-Yug, 2010. – 539 p.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V. The practical course of the discipline «Oil and gas well completion» in 4 volumes: a training manual. – Krasnodar : Publishing House – South, 2013–2014. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.



5. Matveev A.Yu. Substantiation of development object selection using intelligent completion technology in Vankor oil field (Krasnoyarsk region): bachelor's thesis // National Research Tomsk Polytechnic University (TPU), Engineering School of Natural Resources (ISNR), Department of Oil and Gas Business (ONB); supervisor. A. Maximova. – Tomsk, 2019. [electronic resource]. – URL : <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/53538>
6. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremichuk R.S. Oil and gas engineering in the development of wells. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.
7. Ecological aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
8. Andreev K.V., Kazantsev A.S., Shevchenko O.N. Determination of horizontal well flow rate with intelligent completion // Oilfield Business. – 2021. – № 3 (627). – P. 25–28.
9. Vlasov A.I., Andreev K.V., Poplygin V.V. Potential opportunities for creation of smart fields in LUKOIL Group // Gas Industry. – 2014. – № 7 (709). – P. 43–45.
10. Datsenko E.N., Orlova I.O., Avakimyan N.N. The use of long horizontal wells using the «intelligent» flow control system by the example of the Y. Korchagin offshore field // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 1. – P. 231–254.
11. Zhuravlev O.N., Nukhaev M.T., Shelushkin R.V. Russian Horizontal Well Completion Systems // Nefteservis. – 2013. – № 4. – P. 38–40.
12. Zaitsev V.S., Abutalieva I.R. Intelligent well completion // Proceedings of the X International Scientific-Practical Conference «Advanced technologies of hydrocarbon deposits development and safety of the Caspian shelf ecosystems» (September 06, 2019, Astrakhan). – Astrakhan : Publishing house of Astrakhan State Technical University, 2019. – P. 39–45.
13. Analysis of application of intelligent well completion method in the oil and gas field / K.A. Iglukova [et al.] // Collection of articles of the All-Russian scientific-practical conference «Development and application of knowledge-intensive technologies in order to modernize modern society» (January 29, 2020, Kirov). – Ufa : OOO Omega Sainz, 2020. – P. 33–35.
14. Kulchitskiy V.V., Ogorodov A.V., Yakunin S.A. Intelligent completion drilling in casing // Oil. Gas. Innovation. – 2014. – № 3 (182). – P. 50–52.
15. Merinov I.A., Savenok O.V. Effectiveness of application of the intelligent well completion system in the Sakhnovskoye oil and gas field // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 338–348.
16. Pirozhenko I.A., Rybalchenko Y.M. Development of a technology to improve the efficiency of well completion by selective-belt cementing // Bulatov Readings. – 2017. – Vol. 3. – P. 231–233.
17. Semenov A.A., Islamov R.A., Nukhaev M.T. Design of passive flow control devices in the Vankor field // Oil Economy. – 2009. – № 11. – P. 20–23.
18. Semikin D.A., Nukhaev M.T., Zhakovshchikov A.V. Review of flow control and regulation systems (by the example of Korchagin field // Oil and Gas Technologies. – 2017. – № 2 (109). – P. 44–48.
19. Fursin S.G., Griguletsky V.G. On completion of wells under controlled underbalanced conditions // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2014. – № 1. – P. 17–23.
20. Fursin S.G., Griguletsky V.G. On completion of wells under controlled underbalanced conditions // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2014. – № 2. – P. 29–35.
21. Tsyryn Y.Z., Provodnikov G.B. On joint works of VNIIBT and SurgutNIPIneft to improve the efficiency of well completions // Bulatov readings. – 2019. – Vol. 3. – P. 19–25.
22. Chasovnikov D.V. The use of swelling packers when completing horizontal wells // Bulatovkie readings. – 2019. – Vol. 3. – P. 125–128.
23. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O. Improving well construction efficiency in the context of drilling a wellbore and a pay zone: primary and secondary drilling // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments (JMERE). – 2018. – Vol. 41. – № 2. – P. 28–30.

УДК 622. 276.63

**АНАЛИЗ ПРОВЕДЕНИЯ  
СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИН  
СЕВЕРО-ХОСЕДАЮСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**



**ANALYSIS OF CARRYING OUT HYDROCHLORIC ACID TREATMENT  
OF WELLS OF THE NORTH-KHOSEDAYUSKOYE OIL FIELD**

**Нешков Александр Игоревич**

студент направления подготовки 21.03.01  
«Нефтегазовое дело»,  
Ухтинский государственный технический университет  
neshkov.94@mail.ru

**Савенок Ольга Вадимовна**

доктор технических наук, профессор  
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и  
газовых месторождений и подземной гидромеханики,  
Ухтинский государственный технический университет  
olgasavenok@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлен обзор существующих методов интенсификации добычи нефти, методика расчёта солянокислотной обработки, расчёт параметров СКО для скважины № 1600 Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения. При воздействии на карбонатные породы наибольшее распространение получила соляная кислота. Продуктивные пласты Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения сложены именно карбонатными коллекторами, следовательно, можно предположить, что обработки скважины с применением соляной кислоты будут наиболее эффективны в условиях данного месторождения. На скважине № 1600 предложено провести СКО для увеличения проницаемости призабойной зоны пласта. Для данной скважины приведены результаты расчёта основных параметров СКО. Выполнено технико-экономическое обоснование проекта солянокислотной обработки призабойной зоны. На основании сделанной оценки можно отметить, что проведение СКО позволит принести дополнительный доход.

**Ключевые слова:** солянокислотная обработка скважины; обзор существующих методов интенсификации добычи нефти; методы обработки призабойной зоны скважины; технология проведения стандартной СКО; оборудование, применяемое при проведении СКО; методика расчёта солянокислотной обработки; расчёт параметров СКО.

**Neshkov Alexander Igorevich**

Student Training Direction 21.03.01  
«Oil and Gas Engineering»,  
Ukhta State Technical University  
neshkov.94@mail.ru

**Savenok Olga Vadimovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Department of Development and  
Operation of Oil and Gas Fields and  
Underground Hydromechanics,  
Ukhta State Technical University  
olgasavenok@mail.ru

**Annotation.** The article presents an overview of the existing methods for intensifying oil production, a method for calculating hydrochloric acid treatment, and calculating the parameters of the hydrochloric acid treatment for well № 1600 of the North-Khosedayuskoye oil field. When exposed to carbonate rocks, hydrochloric acid is the most widespread. The productive formations of the North-Khosedayuskoye oil field are composed of carbonate reservoirs, therefore, it can be assumed that well treatments using hydrochloric acid will be most effective in this field. At well № 1600 it was proposed to carry out a hydrochloric acid treatment to increase the permeability of the bottomhole formation zone. For this well, the results of calculating the main parameters of the hydrochloric acid treatment are given. A feasibility study for the hydrochloric acid treatment of the bottomhole zone has been completed. Based on the assessment made, it can be noted that carrying out hydrochloric acid treatment will bring additional income.

**Keywords:** hydrochloric acid treatment of the well; review of existing methods of oil production intensification; methods of treatment of the bottomhole zone of the well; technology of carrying out the standard hydrochloric acid treatment; equipment used in the hydrochloric acid treatment; method for calculating hydrochloric acid treatment; calculation of hydrochloric acid treatment parameters.

**Обзор существующих методов интенсификации добычи нефти**

**Методы обработки призабойной зоны скважины**

**Д**ополнительный приток нефти в скважины, а, следовательно, и дополнительный дебит обеспечивает применение методов увеличения проницаемости призабойной зоны пласта. На окончательной стадии бурения скважины глинистый раствор может проникать в поры и капилляры призабойной зоны пласта, снижая её проницаемость. Снижение проницаемости этой зоны, загрязнение её возможно и в процессе эксплуатации скважины.



Проницаемость призабойной зоны продуктивного пласта увеличивают за счёт применения различных методов:

- химических (кислотные обработки);
- механических (гидравлический разрыв пласта и с помощью импульсно-ударного воздействия и взрывов);
- тепловых (паротепловая обработка, электропрогрев) и их комбинированием.

Кислотная обработка скважин связана с подачей на забой скважины под определённым давлением растворов кислот. Растворы кислот под давлением проникают в имеющиеся в пласте мелкие поры и трещины и расширяют их.

Одновременно с этим образуются новые каналы, по которым нефть может проникать к забою скважины. Для кислотной обработки применяют в основном водные растворы соляной и плавиковой (фтористоводородной) кислоты. Концентрация кислоты в растворе обычно принимается равной 10–15 %, что связано с опасностью коррозионного разрушения труб и оборудования.

Однако в связи с широким использованием высокоэффективных ингибиторов коррозии и снижением опасности коррозии концентрацию кислоты в растворе увеличивают до 25–28 %, что позволяет повысить эффективность кислотной обработки. Длительность кислотной обработки скважин зависит от многих факторов – температуры на забое скважины, генезиса пород продуктивного пласта, их химического состава, концентрации раствора, давления закачки.

Технологический процесс кислотной обработки скважин включает операции заполнения скважины кислотным раствором и продавливания кислотного раствора в пласт при герметизации устья скважин закрытием задвижки.

После окончания процесса продавливания скважину оставляют на некоторое время под давлением для реагирования кислоты с породами продуктивного пласта. Длительность кислотной обработки после продавливания составляет 12–16 часов на месторождениях с температурой на забое не более 40 °С и 2–3 часа при забойных температурах 100–150 °С.

Гидравлический разрыв пласта (ГРП) заключается в образовании и расширении в пласте трещин при создании высоких давлений на забое жидкостью, закачиваемой в скважину. В образовавшиеся трещины нагнетают песок, чтобы после снятия давления трещина не сомкнулась.

Трещины, образовавшиеся в пласте, являются проводниками нефти и газа, связывающими скважину с удалёнными от забоя продуктивными зонами пласта. Протяжённость трещин может достигать нескольких десятков метров, ширина их 1–4 мм. После гидроразрыва пласта производительность скважины часто увеличивается в несколько раз.

Операция ГРП состоит из следующих этапов: закачки жидкости разрыва для образования трещин; закачки жидкости-песконосителя; закачки жидкости для продавливания песка в трещины.

Гидропескоструйная перфорация скважин – применяется для создания каналов, соединяющих ствол скважины с пластом при кислотной обработке скважины и других методах воздействия.

Метод основан на использовании кинетической энергии и абразивных свойств струи жидкости с песком, истекающей с большой скоростью из насадок перфоратора и направленной на стенку скважины.

За короткое время струя жидкости с песком образует отверстие или прорезь в обсадной колонне и канал или щель в цементном камне и породе пласта. Жидкость с песком направляется к насадкам перфоратора по колонне насосно-компрессорных труб с помощью насосов, установленных у скважины.

Виброобработка забоев скважин заключается в том, что на забое скважины с помощью вибратора формируются волновые возмущения среды в виде частых гидравлических импульсов или резких колебаний давления различной частоты и амплитуды. При этом повышается проводимость пластовых систем вследствие образования новых и расширения старых трещин и очистки призабойной зоны.

Торпедирование скважин состоит в том, что заряженную взрывчатым веществом торпеду спускают в скважину и взрывают против продуктивного пласта. При взрыве образуется каверна, в результате чего увеличиваются диаметр скважины и сеть трещин.

Тепловое воздействие на призабойную зону используют в том случае, если добываемая нефть содержит смолу или парафин. Существует несколько видов теплового воздействия: электротепловая обработка; закачка в скважину горячих жидкостей; паротепловая обработка.

Термокислотную обработку скважин применяют на месторождениях нефтей с большим содержанием парафина. В этом случае перед кислотной обработкой скважину промывают горячей нефтью или призабойную зону пласта прогревают каким-либо нагревателем для расплавления осадков парафинистых отложений. Сразу после этого проводят кислотную обработку.

При воздействии на карбонатные породы наибольшее распространение получила соляная кислота.

Продуктивные пласты Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения сложены именно карбонатными коллекторами, следовательно, можно предположить, что различные виды обработок скважин с применением соляной кислоты будут наиболее эффективны в условиях данного месторождения.

**Солянокислотная обработка.** Применяемые в настоящее время методы солянокислотных обработок (СКО) можно условно разделить на кислотную ванну, стандартную обработку, многообъемную, поинтервальную и направленную кислотные обработки.

В неоднородных по проницаемости коллекторах успешно проводятся нефтекислотные и эмульсионно-кислотные обработки, которые позволяют увеличивать охват пласта воздействием. Находят применение обработки с чередующейся закачкой кислоты и полимерного состава. Следует иметь в виду, что по природе смачивания кислота является гидрофильной, поэтому при обработке ПЗП она будет преимущественно попадать в интервалы с повышенной водонасыщенностью. Технологию кислотного воздействия необходимо выбирать, исходя из конкретных геолого-физических условий и состояния разработки месторождения. Главным условием является определение структуры порового пространства и степени обводнённости скважин.

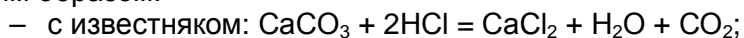
Для малодебитного низкообводнённого фонда скважин в коллекторах порового и кавернозно-порового типов рекомендуется использовать кислотный состав с замедленным действием на горную породу и нефтеотмывающей способностью. Это обеспечит максимально глубокое проникновение кислоты в пласт.

Для низко- и среднедебитного фонда скважин со средней степенью обводнения в коллекторах порового и порово-трещиноватого типов рекомендуется осуществлять последовательную закачку многоатомных спиртов, кислотного состава и ароматического растворителя, что обеспечит вызов притока нефти из нефтенасыщенных интервалов.

Для высокообводнённого фонда скважин в коллекторах трещиновато-порового и трещиноватого типов рекомендуется последовательная закачка гидрофобной эмульсии для изоляции обводнённых интервалов, затем кислотного состава с замедленным реагированием для селективной обработки низкопроницаемых нефтенасыщенных интервалов и далее ароматического углеводородного растворителя.

Обычная СКО – это обработка ПЗС, основанная на способности соляной кислоты растворять карбонатные породы.

Химическая реакция соляной кислоты с карбонатными породами выглядит следующим образом:



Хлористый кальций  $\text{CaCl}_2$  и хлористый магний  $\text{MgCl}_2$ , полученные как продукты реакции, хорошо растворяются в воде и удаляются из призабойной зоны вместе с добываемой жидкостью. В результате реакции в пласте образуются новые пустоты и каналы.

При солянокислотной обработке обычно применяют раствор 8–15 %-ной концентрации. Кислоты большой концентрации не применяются из-за сильной коррозии и

растворения гипса и впоследствии закупоривании пласта. Использование раствора слабой концентрации требует приготовления раствора большого объёма. Геологические условия приведены ниже.

Концентрация кислоты при СКО:

- 8–10 % – песчаник с карбонатным цементом;
- 10–12 % – карбонатная порода высокой проницаемости с низким пластовым давлением;
- 12–15 % – карбонатная порода низкой проницаемости с высоким пластовым давлением.

Начинается реакция со стенки скважины, но особенно эффективна в порах. При этом диаметр скважины не увеличивается, а увеличиваются только поровые каналы, приобретая форму узких и длинных каверн.

Назначение обычной СКО заключается в закачке в пласт кислоты по возможности на большое расстояние от скважины с целью увеличения размеров микротрещин и каналов, что увеличивает проницаемость ПЗП и приёмистость скважины. Расстояние проникновения кислоты в пласт зависит от скорости реакции, а скорость реакции зависит от химического состава породы, от температуры, давления и концентрации кислоты, удельного объёма кислотного раствора.

Время нейтрализации кислоты (кислотного раствора) характеризует скорость реакции при взаимодействии с породой и зависит от температуры: в зависимости от химического состава карбонатной породы скорость реакции возрастает в 1,5–8 раз при увеличении температуры от 20 до 60 °С. При этом увеличение концентрации кислотного раствора от 5 до 15 % не оказывает практического влияния на скорость реакции даже при температуре 60 °С.

При обработке ПЗП применяют обычно кислоту с концентрацией 8–15 % в зависимости от химического состава породы.

При низких концентрациях кислоты глубина его проникновения в пласт увеличивается, но при этом увеличиваются необходимые объёмы кислотного раствора.

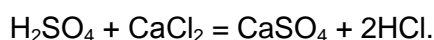
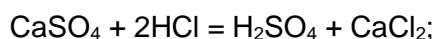
Из-за образования большого количества продуктов реакции процесс освоения скважины после СКО значительно осложняется.

При использовании растворов HCl высокой концентрации происходит образование насыщенных растворов CaCl<sub>2</sub> и MgCl<sub>2</sub> с повышенной вязкостью, трудно извлекаемые из пласта при освоении. Помимо этого, сильно возрастает коррозия труб и оборудования. Но при этом 15 %-ные кислотные растворы HCl лучше растворяют ангидрит и гипс с образованием твёрдого осадка, выпадающего в ПЗП и снижая её проницаемость. Увеличение давления приводит к снижению скорости реакции. Применять высококонцентрированные растворы кислоты можно при их охлаждении, например, жидким азотом, что увеличивает глубину проникновения кислоты в пласт.

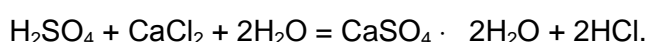
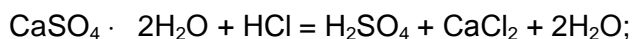
Установлено, что для нейтрализации 75 % объёма кислоты при увеличении давления с 0,1 до 0,7 МПа необходимо в 7–10 раз больше времени; при увеличении давления от 0,7 до 1 МПа время нейтрализации увеличивается в 30–35 раз, а при увеличении давления с 2 до 6 МПа скорость реакции снижается в 70 раз.

В концентрированной соляной кислоте содержится 27,5–31 % HCl. Обычно концентрированную кислоту не применяют для обычных СКО, так как она чрезвычайно активна по отношению к металлам и вызывает их интенсивную коррозию. Помимо этого, концентрированная соляная кислота растворяет в карбонатных породах гипс (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O) и ангидрит (CaSO<sub>4</sub>) следующим образом:

1. Ангидрит:



2. Гипс:

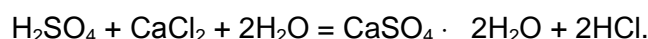


То есть гипс и ангидрит, который содержится в скелете породы, при реакции с концентрированной кислотой выпадают в осадок в порах, тем самым снижается проницаемость ПЗП вплоть до её закупорки. Оптимальной считается концентрация кислоты 6–15 %, потому что при проведении СКО нужно использовать кислотные растворы такой концентрации, при которой предотвращается интенсивная коррозия металлов и растворение из скелета породы гипса и ангидрита, но при этом чтобы раствор хорошо растворял карбонатные породы.

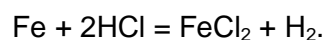
Из-за условий производства определённые примеси содержатся в концентрированной соляной кислоте, реагирующие с карбонатными породами и дающие твёрдые осадки (продукты основной реакции).

Таковыми примесями являются:

1. Серная кислота ( $H_2SO_4$ ), она взаимодействует с продуктами основной реакции и образует гипс, который выпадает в осадок:

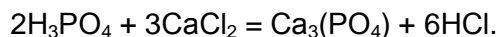
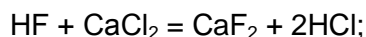


2. Хлорное железо ( $FeCl$ ):



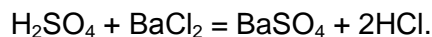
$FeCl_2$  превращается в  $FeCl_3$ , который выпадает в осадок.

3. Фосфорная кислота и фтористый водород образуют нерастворимые осадки фтористого кальция ( $CaF_2$ ) и фосфорнокислого кальция ( $Ca_3(PO_4)_2$ ) с продуктами основной реакции:



Из всего вышеизложенного следует, что для получения качественного раствора для СКО нужно использовать химические реагенты, устраняющие вредные примеси из соляной кислоты.

При приготовлении кислотного раствора происходит выделение  $H_2SO_4$ . Обычно создают концентрацию соляной кислоты до 15 %, после чего добавляют хлористый барий  $BaCl_2$  (хлористый барий плохо растворим в концентрированной кислоте):



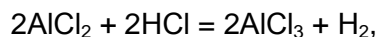
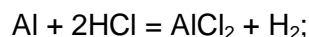
После реакции осадок  $BaSO_4$  удаляется, а кислотный раствор отстаивается.

В другом случае:

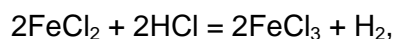
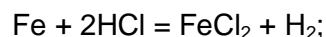


то есть призабойная зона пласта может быть закупорена ангидритом и гипсом в процессе солянокислотной обработки.

$HCl$  активно реагирует с алюминием  $Al$  и железом  $Fe$ :

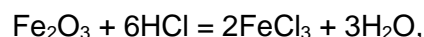
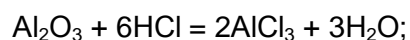


то есть  $AlCl_3$  выпадает в осадок после реакции  $HCl$ .



то есть  $FeCl_3$  после реакции  $HCl$  выпадает в осадок.

С другой стороны:

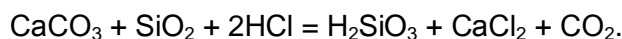


то есть объём осадка в ПЗП может быть достаточно большим при проведении солянокислотной обработки, что снижает проницаемость ПЗП. Раствор  $HCl$  должен обрабатываться специальными химреагентами по этим причинам.

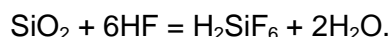
Стабилизаторы – вещества растворимые в воде, которые стабилизируют свойства кислотного раствора. Для борьбы с выпадением или удалением солей Al и Fe применяют уксусную кислоту (CH<sub>3</sub>COOH).

Соли Al и Fe создают стойкие соединения, удерживаемые в растворе, что приводит к снижению скорости реакции кислоты с породой. Концентрацию уксусной кислоты доводят до 0,8–2 % от общего объёма раствора.

При содержании в породе Si при реакции с кислотой может создавать гели кремниевой кислоты (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), снижающие проницаемость ПЗП:



Для предотвращения образования гелей H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> применяют HF (фтористоводородная кислота). Она способна полностью растворить Si:



H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> остаётся в растворённом виде, не образуя осадка. HF добавляют в кислотный раствор 1-2 % от общего объёма.

Ингибиторы – вещества, растворимые в воде, которые понижают коррозионную активность HCl.

В качестве ингибиторов используют:

– формалин (до 1 %) – в 7–8 раз снижает коррозионную активность. Формалин – это 40 %-ный раствор в воде формальдегида (CH<sub>2</sub>O). Формалин на скорость реакции не влияет;

– уникод ПБ-5 (концентрация 0,05–0,1 %) – в 10–15 раз снижает коррозионную активность. Растворяется только в растворе соляной кислоты и не растворим в воде;

– реагент И-1-А (концентрация до 0,4 %) в смеси с уротропином (концентрация до 0,8 %) применяется при большом пластовом давлении и высокой пластовой температуре. При температуре 87 °С и давлении 38 МПа в 90 раз уменьшает коррозионную активность;

– УФЭ<sub>8</sub> – ингибирующее действие ниже, чем у уникола ПБ, но выше, чем у формалина;

– ДС (до 0,5 %) – до 3 раз снижает скорость коррозии (на основе натрия или серы).

Помимо этого, катапин-А используют в качестве ингибиторов, а также реагент «Север-1» и карбозолин-О, и реагент В-2.

Интенсификаторы – это вещества, которые обеспечивают устранение продуктов реакции из ПЗП (ПАВы). ПАВы уменьшают межфазное натяжение и способствуют отмыву нефти и выносу воды с поверхности ГП. Спирты, МЛ-72, сульфокислоты, ОП-10, реагент 4411, марвелан К(О), тержитол, катапин-А также используются в качестве интенсификаторов.

Порядок приготовления солянокислотного раствора: вода + ингибиторы + стабилизаторы + концентрированная соляная кислота + хлористый барий + интенсификаторы. Раствор приготавливается и в течение 2–3 часов отстаивается, фильтруется, после его можно использовать. Приготовление раствора HCl производится на специальной кислотной базе.

**Технология проведения стандартной СКО.** Солянокислотная обработка заключается в последовательном выполнении следующих операций:

1. Обратная, прямая или комбинированная промывка скважины. Производится при открытых задвижках в затрубном пространстве и на устье. Жидкость промывки и жидкость, заполняющая скважину, поступают в ёмкость на поверхности. Скважина в процессе этой операции очищается от отложений смол, от грязи, асфальтенов и парафинов, которые могут отлагаться в перфорационных каналах, в ПЗП и на стенках скважины.

При этом жидкостью промывки обычно являются дизельное топливо, керосин, конденсат, пропан-бутановая фракция и другие растворители. После промывки скважина заполняется нефтью.

В том случае если забой скважины расположен в зоне ВНК и есть вероятность, что после солянокислотной обработки вода может подняться, не обрабатывают нижнюю часть продуктивного пласта. В таком случае нижняя часть скважины после промывки на расчётную величину толщины продуктивного пласта заполняется жидкостью – бланкетом. Раствор хлористого кальция используют обычно в качестве бланкета.

Бланкет транспортируется на забой нефтью после расчёта времени, за которое расчётный объём фильтруется до положенной глубины.

2. Закачивают рассчитанный объём раствора HCl в скважину. От толщины обрабатываемого пласта, желаемой (рациональной) глубины обрабатываемой зоны и свойств призабойной зоны зависит объём кислотного раствора.

Обычно радиус обработки ПЗП при первом воздействии наименьший. Для того чтобы вторая, третья и последующие обработки были эффективными, необходимо добиваться увеличения радиуса обработки по сравнению с радиусом первичной обработки.

Анализ результатов солянокислотных обработок показывает, что  $Q_{уд}$  кислотного раствора на 1 м толщины обрабатываемого пласта зависит от коллекторских свойств ПЗП:

- для коллекторов низкой проницаемости и небольшой пористости  $Q_{уд}$  15 %-ного раствора HCl в среднем 0,2–0,6 м<sup>3</sup>/м;
- для коллекторов высокой проницаемости – 0,2–0,9 м<sup>3</sup>/м;
- для трещинных коллекторов – 0,3–0,9 м<sup>3</sup>/м.

При закачке раствора HCl в скважину задвижка на затрубном пространстве открыта в течение времени достижения им обрабатываемого пласта, после чего она закрывается.

3. Продавливают раствор HCl в ПЗП, продолжая агрегатом закачку необходимого объёма кислотного раствора в скважину. После чего кислоту продавливают водой или нефтью до его полного поглощения пластом.

После продавки кислоты в пласт закрывают устьевую задвижку скважины. Скважина закрыта.

4. Нейтрализация раствора HCl за счёт реагирования его с горной породой. Время реакции зависит от температуры и давления и изменяется от 1 до 24 часов.

5. После нейтрализации кислоты производят вызов притока и освоение, после чего – исследование скважины.

Проанализировав результаты исследования скважины до обработки и после, можно судить о технологическом эффекте.

**Оборудование, применяемое при проведении СКО.** Кислотные растворы готовятся, как правило, на специально оборудованных кислотных базах. Для транспортирования нужного количества кислотного раствора на скважины используются автоцистерны различного объёма. Ёмкости гуммируются или покрываются химически стойкими эмалями для защиты от воздействия кислоты (или растворов кислоты). Также цистерны оборудуются специальными змеевиками-нагревателями для поддержания температуры кислотного раствора при работе при низких температурах.

Кислотные растворы закачиваются в скважину специальными насосными агрегатами. Чаще всего на промыслах применяется насосный агрегат «Азинмаш-30А».

Данный аппарат состоит из гуммированной резиной цистерны, насоса высокого давления с приводом от коробки отбора мощности автомобиля. Как правило, насосный блок имеет пять скоростей, и регулировать подачу насоса можно в широких пределах от единиц до десятков л/мин. благодаря сменным плунжерам. Создаваемое насосом давление также меняется от единиц до десятков МПа.

Также для кислотных обработок используется цементировочный агрегат ЦА-320М, выступая в роли подпорного насоса для основного аппарата. Данный агрегат подаёт технологические жидкости на приём основного насоса. Агрегат ЦА-320М оборудован ротационным насосом низкого давления и емкостями, что даёт возможность перекачивать растворы из одних ёмкостей в другие, позволяет смешивать кислотный раствор с различными добавляемыми в него на скважине реагентами.

Помимо агрегата ЦА-320М, при кислотных обработках при необходимости применяется и агрегат для гидравлического разрыва пласта, например, 4АН-700. Для обвязки насосных установок между собой и с устьем скважины используются блоки манифольдов 1БМ-700 и 1БМ-700С, а также арматура устья 2АУ-700СУ.

Одним из важнейших технических элементов при проведении СКО является специальная устьевая головка высокого давления на быстросъёмных соединениях, которая должна быть обязательно оборудована обратным клапаном и задвижкой, рассчитанной на высокие давления.

В зависимости от технологических параметров СКО одновременно могут использоваться несколько однотипных агрегатов, обвязываемых в единую систему. Очевидно, что при проведении СКО необходимо строго соблюдать правила защиты окружающей среды и обеспечения безопасности жизнедеятельности. Также на практике часто применяются другие виды солянокислотных обработок, отличающиеся от обычной способом реализации технологии.

### Методика расчёта солянокислотной обработки

Расчёт солянокислотной обработки сводится к определению потребных объёмов кислотного раствора, химических реагентов, товарной кислоты и технологических параметров процесса обработки. Одним из важных параметров является объём кислотного раствора.

Необходимый объём раствора определяют по формуле:

$$W_p = l \cdot h \quad (1)$$

Для определения объёма товарной кислоты обычно используют таблицы и пересчётные коэффициенты. Методику расчёта можно упростить, учитывая, что плотность кислоты обусловлена её концентрацией.

При известной объёмной доле кислоты её объём  $W_k$  можно определить по формуле:

$$W_k = \frac{W_p \cdot x_p \cdot (5,09 \cdot x_p + 999)}{x_k \cdot (5,09 \cdot x_k + 999)}, \quad (2)$$

где  $x_k$  и  $x_p$  – объёмные доли товарной кислоты и кислотного раствора соответственно.

В качестве замедлителя реакции и стабилизатора окисных соединений железа используем уксусную кислоту, объём которой определим по формуле:

$$W_{ук} = \frac{b_{ук} \cdot W_p}{c_{ук}}, \quad (3)$$

где  $b_{ук}$  – норма добавки 100 %-ной уксусной кислоты ( $b_{ук} = 3 \%$ );  
 $c_{ук}$  – объёмная доля товарной уксусной кислоты, равная 80 %.

В качестве ингибитора коррозии выбран реагент В-2, объём которого можно рассчитать по формуле:

$$W_{инг} = \frac{b_{инг} \cdot W_p}{c_{инг}}, \quad (4)$$

где  $b_{инг}$  – выбранная объёмная доля реагента в растворе;  $c_{инг}$  – объёмная доля товарного ингибитора.

Количество интенсификатора (принимаем Марвелан – К (О)):

$$W_{инт} = \frac{b_{инт} \cdot W_p}{100}, \quad (5)$$

где  $b_{инт}$  – норма добавки 100 % интенсификатора ( $b_{инт} = 0,3 \%$ ).

При использовании технической соляной кислоты в ней может содержаться до 0,4 % серной кислоты. Её нейтрализуют добавкой хлористого бария, количество которого определяют по формуле:

$$G_{\text{хб}} = 21,3 \cdot W_p \cdot \left( a \cdot \frac{x_p}{x_k} - 0,02 \right), \quad (6)$$

где 21,3 – масса хлористого бария (кг), необходимые для нейтрализации 10 кг серной кислоты;

$\frac{x_p}{x_k}$  – объёмная доля серной кислоты в приготовленном растворе;

$a$  – объёмная доля серной кислоты в товарной соляной кислоте, %;

0,02 – допустимая объёмная доля серной кислоты в растворе, когда после реакции её с карбонатными породами соли не выпадают в осадок, %.

При плотности хлористого бария  $4000 \text{ кг/м}^3$  объём его с учётом формулы (6) определяют по формуле:

$$W_{\text{хб}} = \frac{G_{\text{хб}}}{\rho_{\text{хб}}}. \quad (7)$$

Объём воды для приготовления кислотного раствора рассчитывается по формуле:

$$W_B = W_p - W_k - \sum W_{\text{pear}}. \quad (8)$$

Значение плотности кислотного раствора  $\rho$  можно рассчитать по формуле:

$$W_k = \frac{W_p \cdot \rho_p \cdot (\rho_p - 999)}{\rho_k \cdot (\rho_k - 999)}, \quad (9)$$

где  $\rho_k$  – плотность товарной кислоты при  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\rho_k = 1139 \text{ кг/м}^3$ ).

Нижний интервал продуктивного пласта изолируют закачкой бланкета – концентрированного раствора хлористого кальция. Трубы опускают до забоя и при небольшой подаче насоса «Азинмаш-30А» закачивают раствор  $\text{CaCl}_2$  плотностью  $1200 \text{ кг/м}^3$ .

Объём закачиваемого бланкета составляет:

$$V_{\text{бл}} = 0,785 \cdot D^2 \cdot h_{\text{бл}}, \quad (10)$$

где  $D$  – диаметр обсадной колонны, м;

$h_{\text{бл}}$  – высота столба бланкета, м.

Объём выкидной линии определяется по формуле:

$$V_B = 0,785 \cdot d_B^2 \cdot L_B, \quad (11)$$

где  $d_B$  – диаметр выкидной линии, м;  $L_B$  – длина выкидной линии, м.

Объём НКТ рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{НКТ}} = 0,785 \cdot d^2 \cdot L_{\text{НКТ}}, \quad (12)$$

где  $d$  – внутренний диаметр НКТ, м;  $L_{\text{НКТ}}$  – длина НКТ.

Объём нефти для продавки бланкета определяется как сумма объёмов выкидной линии и НКТ. После закачки бланкета трубы приподнимают, размещают и обвязывают оборудование.

Далее закачивают кислотный раствор в объёме выкидной линии, насосно-компрессорных труб и ствола скважины от башмака НКТ до кровли пласта, определяемого по формуле:

$$V_K = V_B + V_{\text{НКТ}} \cdot (L_{\text{НКТ}} - h_{\text{бл}}) + 0,785 \cdot (D^2 - d_1^2) \cdot (h - h_{\text{бл}}), \quad (13)$$

где  $d_1$  – наружный диаметр НКТ, м.



После закрывают задвижку на затрубном пространстве и насосом агрегата закачивают остальной кислотный раствор, определяемого по формуле:

$$V_K'' = W_p - V_K' \quad (14)$$

Далее для задавливания кислоты в пласт закачивают нефть в объёме выкидной линии, насосно-компрессорных труб и ствола скважины от подошвы НКТ до кровли пласта.

Затем закрывают задвижку на выкидной линии. Буферное давление падает. Продолжительность реагирования кислоты 1,5–2 часа.

Приток вызывают свабированием или с помощью компрессора, производится отработка скважины и очистка призабойной зоны от продуктов реакции.

Режим работы агрегата выбирают таким образом, чтобы давление, создаваемое насосом, было достаточно для продавки раствора в пласт при максимально возможной его подаче.

Определим необходимое давление на выкиде насоса при закачке в скважину жидкости с расходом  $q$  по формуле:

$$p_{вн} = p_{заб} - p_{ж} + p_{тр}, \quad (15)$$

где  $p_{заб}$  – максимальное забойное давление при продавке раствора;  $p_{ж}$  – гидростатическое давление столба продавочной жидкости (нефти);  $p_{тр}$  – потери давления на трение.

Забойное давление при продавке раствора рассчитывается по формуле:

$$p_{заб} = p_{пл} + q \cdot 10^{-3} \cdot \frac{86400}{K}, \quad (16)$$

где  $p_{пл}$  – пластовое давление, МПа;  
 $q$  – объёмный расход, л/мин.;  
 $K$  – коэффициент приёмистости скважины, м<sup>3</sup>/(сут. · МПа).

Гидростатическое давление столба продавочной жидкости определяется по формуле:

$$p_{ж} = \rho \cdot g \cdot (L - h_{бл}), \quad (17)$$

где  $\rho$  – плотность продавочной жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $L$  – длина НКТ, м;  $h_{бл}$  – высота blankets, м.

Потери давления на трение рассчитывается по формуле:

$$p_{тр} = \frac{\lambda \cdot v^2 \cdot \rho \cdot L}{2 \cdot d}, \quad (18)$$

где  $v$  – скорость движения жидкости по трубам, м/с:

$$v = \frac{q \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot d^2}; \quad (19)$$

$\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}; \quad (20)$$

$Re$  – число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \quad (21)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость продавочной жидкости, Па · с.

Оценка эффекта кислотной обработки сводится к решению уравнения Дюпюи до и после воздействия:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot (p_k - p_{заб})}{\mu \cdot \left( \ln \left( \frac{R_k}{r_{скв}} \right) + S_0 + \Delta S \right)}, \quad (22)$$

где  $k$  – проницаемость пласта,  $m^2$ ;  $h$  – толщина пласта,  $m$ ;  $p_k$  – давление на контуре питания зоны дренирования,  $Па$ ;  $p_{заб}$  – забойное давление,  $Па$ ;  $\mu$  – динамическая вязкость жидкости,  $Па \cdot c$ ;  $R_k$  – радиус зоны дренирования,  $m$ ;  $r_{скв}$  – радиус скважины,  $m$ ;  $S_0$  – скин-эффект до СКО;  $\Delta S$  – изменение скин-эффекта в результате СКО.

### Расчёт параметров СКО на скважине № 1600

#### Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения

На скважине № 1600 было решено провести СКО, так как по данной скважине наблюдается низкая продуктивность, при этом обводнённость добываемой продукции не превышает 2 % при дебите по нефти 14 тонн/сут.

По вышеприведённой методике были рассчитаны параметры солянокислотной обработки призабойной зоны пласта.

Расчёт реализован в MS Excel. Исходные данные для расчёта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта

Параметры	Значение
Глубина скважины, м	2442
Диаметр по долоту, м	0,22
Вскрытая толщина карбонатного коллектора, м	35
Пластовое давление, МПа	14,7
Пластовая температура, °С	65
Коэффициент абсолютной проницаемости, $мкм^2$	0,092
Коэффициент продуктивности, $м^3/(сут. \cdot МПа)$	20
Внутренний диаметр НКТ, м	0,062
Плотность кислоты при 25 °С, $кг/м^3$	1134
Количество соляной кислоты на 1 м толщины пласта, $м^3$	0
Объёмная доля товарной кислоты, %	1
Процентность раствора соляной кислоты, %	27,5
Норма добавки уксусной кислоты, %	15
Объёмная доля товарной уксусной кислоты, %	3
Объёмная доля реагента в растворе, %	80
Норма добавки интенсификатора, %	0,2
Плотность хлористого бария, $кг/м^3$	0,3
Концентрация серной кислоты, %	4000
Теоретическая подача насоса, л/с	0,4
Плотность продавочной жидкости, $кг/м^3$	6,85
Вязкость продавочной жидкости, $Па \cdot c$	869
Длина выкидной линии, м	0,00243
Внутренний диаметр выкидной линии, м	20
Наружный диаметр НКТ, м	0,05

В таблице 2 представлены объёмы компонентов кислотного раствора и параметры закачки раствора в скважину, рассчитанные по методике.

Таблица 2 – Объем компонентов кислотного раствора и параметры закачки

Параметры	Значение
Необходимый объем кислотного раствора, м <sup>3</sup>	35
Объем товарной соляной кислоты, м <sup>3</sup>	18,02
Объем уксусной кислоты, м <sup>3</sup>	1,31
Объем ингибитора коррозии, м <sup>3</sup>	0,07
Количество интенсификатора, м <sup>3</sup>	0,11
Объем хлористого бария, м <sup>3</sup>	0,04
Объем воды для приготовления кислотного раствора, м <sup>3</sup>	15,45
Максимальное забойное давление при продавке раствора, МПа	44,29
Гидростатическое давление столба жидкости, МПа	24,64
Давление на выкиде насоса, МПа	21,86
Объем выкидной линии, м <sup>3</sup>	0,04
Объем 1 м НКТ, м <sup>3</sup>	0,003
Объем нефти, м <sup>3</sup>	9,94
Продолжительность нагнетания, ч	1,82
Скорость движения жидкости по трубам, м/с	2,27
Число Рейнольдса	50331,83
Коэффициент гидравлического трения	0,02
Потери давления на трение, МПа	2,20

После проведенного мероприятия дебит скважины по нефти составил 20 тонн/сут. с обводнённостью добываемой продукции 5 %.

**Технико-экономическая эффективность проекта.** Выполним технико-экономическую оценку солянокислотной обработки, проведенной на скважине № 1600 Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения, в качестве критериев которой выступает наиболее полное извлечение углеводородов и максимальная экономическая прибыль от мероприятия.

Оценка экономической эффективности проекта выражается в расчёте прибыли от дополнительной добычи нефти. Дебит до проведения СКО на скважине примем равным 14 тонн/сут., дебит после мероприятия – 20 тонн/сут.

В качестве дополнительной добычи нефти примем суммарную добычу нефти за 3 месяца при условии сохранения среднесуточного дебита. Исходные данные для оценки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

Наименование	Значение
Дополнительная добыча нефти, тонн	540
Цена реализации нефти, руб./т	12500
Дополнительный доход, млн руб.	6,75

Согласно представленной таблице дополнительная выручка от продажи нефти, полученной в результате проведенной СКО, составит 6,75 млн руб. На основании полученных данных и с учётом сделанных допущений можно сделать вывод о том, что проведение СКО позволит принести дополнительный доход.

### Литература

1. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
4. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.

5. Ладенко А.А., Савенок О.В. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
6. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
7. Савенок О.В., Лаврентьев А.В., Березовский Д.А. Проектирование кислотной обработки пласта. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2014. – 86 с.
8. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
9. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
10. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
11. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учебное пособие. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
12. Березовский Д.А., Яковлев А.Л., Кусов Г.В. Техника и технология проведения кислотного гидравлического разрыва пласта // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XXI Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке» (16 января 2017 года, г. Харьков). – Х. : научно-информационный центр «Знание», 2017. – Ч. 2. – С. 25–40.
13. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин на Средне-Макарихинском месторождении // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 30–38.
14. Березовский Д.А., Кусов Г.В. Определение расчётных показателей процесса солянокислотной обработки в скважине № 23 Южно-Шапкинское месторождения // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2 в 2 ч. – Ч. 1. – С. 76–87.
15. Гула Е.В., Черницкий А.В. Методика интерпретации скважинных имиджей на примере карбонатных отложений Северо-Хоседаюского месторождения // Сборник научных трудов «Исследование технологий повышения эффективности разработки нефтяных месторождений» / Под редакцией А.В. Фомкина, С.А. Жданова. – М., 2018. – С. 113–130.
16. Дроздов А.А., Савенок О.В. Анализ результатов солянокислотных обработок призабойной зоны пласта на добывающих скважинах Салюкинского месторождения // Сборник тезисов 75-ой Международной молодёжной научной конференции «Нефть и газ – 2021» (26–30 апреля 2021 года, г. Москва). – М. : РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2021.
17. Кязимов Ф.К. оглы, Рзаева С.Д. кызы, Тулешева Г.Д. Экспериментальные исследования кислотного воздействия на неоднородные пласты // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2 в 2 ч. – Ч. 1. – С. 210–215.
18. Нешков А.И., Савенок О.В. Анализ текущего состояния разработки Северо-Хоседаюского месторождения // Материалы Международной научно-практической конференции «Научный потенциал вуза – производству и образованию», посвящённой 75-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. (4–5 декабря 2020 года, г. Армавир).
19. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Анализ результатов проведения очистки призабойной зоны солянокислотным раствором на добывающих скважинах Хасырейского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 292–305.
20. Савенок О.В., Кусова Л.Г. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования, 2018. – № 03 (6). – С. 97–120. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
21. Использование фильтрационной модели карбонатного коллектора для повышения показателей разработки Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения / Г.В. Сансиев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 8. – С. 27–29.
22. Свалов А.М., Григулецкий В.Г. Патент РФ № 2579039. Способ разработки низкопроницаемых нефтегазовых пластов. Дата подачи заявки: 24.04.2015. Дата публикации патента: 27.03.2016. Патентообладатели: Свалов А.М., Григулецкий В.Г.

## References

1. Bulatov A.I., Savenok O.V. The practical course of the discipline «Oil and gas well completion» in 4 volumes: a training manual. – Krasnodar : Publishing House – South, 2013–2014. – Vol. 1–4.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremiychuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.

4. Plast-testing equipment for hydrodynamic research of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Printing Works, 2004. – 620 p.
5. Ladenko A.A., Savenok O.V. Theoretical bases of oil and gas fields development. – M. : infra-engineering, 2020. – 244 p.
6. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
7. Savenok O.V., Lavrent'ev A.V., Berezovsky D.A. Designing acid treatment of reservoirs. – Krasnodar : LLC «Publishing House – Yug», 2014. – 86 p.
8. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremichuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
9. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
10. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: a monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda: Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
11. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: a training manual. – Ukhta : Publishing House of Ukhta State Technical University, 2021.
12. Berezovsky D.A., Yakovlev A.L., Kusov G.V. Technique and technology of acid hydraulic fracturing // Proceedings of the Scientific Information Center «Znanie» on the materials of the XXI International correspondence scientific and practical conference «Development of Science in the XXI Century». (January 16, 2017, Kharkov). – X. : scientific-information center «Znanie», 2017. – Part 2. – P. 25–40.
13. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V. Analysis of hydrochloric acid treatment of wells in the Sredne-Makarikhinskoye field // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 30–38.
14. Berezovsky D.A., Kusov G.V. Determination of design indicators of hydrochloric acid treatment process in well No. 23 of Yuzhno-Shapkinskoye field // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2 in 2 part. – Part. 1. – P. 76–87.
15. Gula E.V., Chernitsky A.V. Methodology of interpretation of downhole imaging by the example of carbonate deposits of the North Khosedayuskoye field // Collection of scientific papers «Research technologies to improve the efficiency of oil field development» / Edited by A.V. Fomkin, S.A. Zhdanov. – M., 2018. – P. 113–130.
16. Drozdov A.A., Savenok O.V. Analysis of the results of hydrochloric acid treatments of bottom-hole formation zone in the producing wells of Salyukinskoye field // Collection of abstracts of the 75th International Youth Scientific Conference «Oil and Gas – 2021» (26–30 April 2021, Moscow). – M. : Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2021.
17. Kyazimov F.K. ogli, Rzayeva S.D. kyzy, Tulesheva G.D. Experimental studies of acid impact on heterogeneous formations // Bulatov readings. – 2018. – Vol. 2 in 2 part. – Part 1. – P. 210–215.
18. Neshkov A.I., Savenok O.V. Analysis of the current state of development of the North-Khosedayuskoye field // Materials of the International Scientific-Practical Conference «Scientific Potential of Higher Education – Production and Education» dedicated to the 75th anniversary of the victory of the Soviet people in the Great Patriotic War of 1941–1945. (December 4–5, 2020, Armavir).
19. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Analysis of the results of cleaning of bottomhole zone by hydrochloric acid solution in the producing wells of Khasyreyskoye field // Science. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2021. – № 1. – P. 292–305.
20. Savenok O.V., Kusova L.G. Oil recovery and ways to increase it // Bulletin of Student Science Department of Information Systems and Programming, 2018. – № 03 (6). – P. 97–120. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
21. Using the filtration model of carbonate reservoir to improve the development indicators of the North Khosedayuskoye oil field / G.V. Sansiev [et al.] // Oil Economy. – 2013. – № 8. – P. 27–29.
22. Svalov A.M., Griguletsky V.G. Patent of the Russian Federation № 2579039. Method of development of low-permeability oil and gas reservoirs. Date of application: April 24, 2015. Date of publication of the patent: March 27, 2016. Patent holders: Svalov A.M., Griguletsky V.G.

УДК 622.831.312

**ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ  
ХАСЫРЕЙСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
С ЦЕЛЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ЕГО ДОРАЗВЕДКИ**



**CONSTRUCTION OF DIGITAL MODELS OF  
THE KHASYREYSKOYE OIL FIELD FOR THE PURPOSE OF  
GEOLOGICAL SUBSTANTIATION OF ITS ADDITIONAL EXPLORATION**

**Радзиевский Георгий Анатольевич**

студент направления подготовки 21.03.01  
«Нефтегазовое дело»,  
Ухтинский государственный технический университет  
79121296789@yandex.ru

**Савенок Ольга Вадимовна**

доктор технических наук, профессор  
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и  
газовых месторождений и подземной гидромеханики,  
Ухтинский государственный технический университет  
olgasavenok@mail.ru

**Аннотация.** Дальнейшее развитие нефтедобывающей промышленности страны во многом зависит от успехов геолого-поисковых работ. Перспективы открытия новых крупных нефтяных и нефтегазовых месторождений в первую очередь связаны с регионами и частями разрезов, мало изученными глубоким бурением на территориях Западной и Восточной Сибири, севера европейской части России. Однако поиски и разведка новых месторождений в пределах указанных территорий и акваторий, а также доразведка уже эксплуатируемых месторождений требуют значительных затрат материально-технических средств и времени. Решение задач доразведки разрабатываемых месторождений целесообразно осуществлять преимущественно за счёт средств, выделяемых на разработку нефтяных месторождений.

**Ключевые слова:** построение структурной модели залежи; построение модели разломов; построение структурно-тектонического каркаса; оценка точности структурных построений; цифровая фильтрационная модель месторождения; создание математической модели расчёта фильтрационных процессов; создание сетки, укрупнение и схема выделения слоёв.

**Radzievsky Georgy Anatolievich**

Student Training Direction 21.03.01  
«Oil and Gas Engineering»,  
Ukhta State Technical University  
79121296789@yandex.ru

**Savenok Olga Vadimovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Department of Development and  
Operation of Oil and Gas Fields and  
Underground Hydromechanics,  
Ukhta State Technical University  
olgasavenok@mail.ru

**Annotation.** Further development of the country's oil-extracting industry largely depends on the success of geological prospecting work. Prospects for the discovery of new large oil and oil and gas fields are primarily associated with the regions and parts of the sections, little studied by deep drilling in the territories of Western and Eastern Siberia, the north of the European part of Russia. However, prospecting and exploration of new deposits within the specified territories and water areas, as well as additional exploration of already exploited fields, require significant expenditures of material and technical means and time. It is advisable to solve the problems of additional exploration of developed fields mainly at the expense of funds allocated for the development of oil fields.

**Keywords:** building a structural model of the reservoir; faults model building; construction of a structural-tectonic framework; assessment of the accuracy of structural constructions; digital filtration model of the field; creation of a mathematical model for calculating filtration processes; mesh creation, enlargement and layer selection scheme.

**Построение структурной модели залежи**

**С**оздание структуры – это начальный этап построения 3D геологической модели. Сама 3D модель залежей месторождения необходима для дальнейшего анализа эффективно используемой системы разработки месторождения и анализа перспектив доразработки залежей с целью выявления неточностей в рациональной эксплуатации месторождения.

В проекте создана база данных, включающая следующую информацию: положение устьев скважин, инклинометрии, данные каротажа, в том числе результаты интерпретации ГИС, структурные поверхности, контуры. В модели использовались данные по 13 разведочным и 64 эксплуатационным скважинам (всего 77 скважин).

*Построение модели разломов*

Построение корректной модели разломов является одним из определяющих условий построения точной трёхмерной геологической модели. На Хасырейском месторождении именно положение бортовых разломов определяет размеры площади нефтеносности.

При построении модели разломов использовались данные сейсморазведки 3D, стратиграфические отбивки по скважинам и положение разломов, выделенных по данным ГИС в скважинах с пересечением разлома (№№ 32п, 5532, 34п и 5109/1). Разрезы этих скважин характеризуются резким увеличением общих и эффективных толщин продуктивных отложений и дублированием формы каротажных кривых в повторяющихся частях. Положение выявленных нарушений по данным ГИС увязывалось с данными сейсморазведки и при необходимости уточнялось и корректировалось. Также учтён неудачный опыт бурения скважин (№№ 5039, 5105, 5106, 5109, 5111, 5103 и 5110), позволивший точно скорректировать положение разломов, ограничивающих залежь. Первые стволы этих скважин вышли за контур нефтеносности. При построении модели Хасырейского месторождения за основу принята теория тангенциального сжатия и выдавливания структуры, сопровождающиеся тектоническими нарушениями взбросо-надвигового типа.

По имеющимся данным были отстроены 28 разломов различного типа методом пилларов. В пространстве положение разломов представлено на рисунке 1. Структурные элементы взбросо-надвигового типа в поперечных сечениях показаны на рисунке 2.

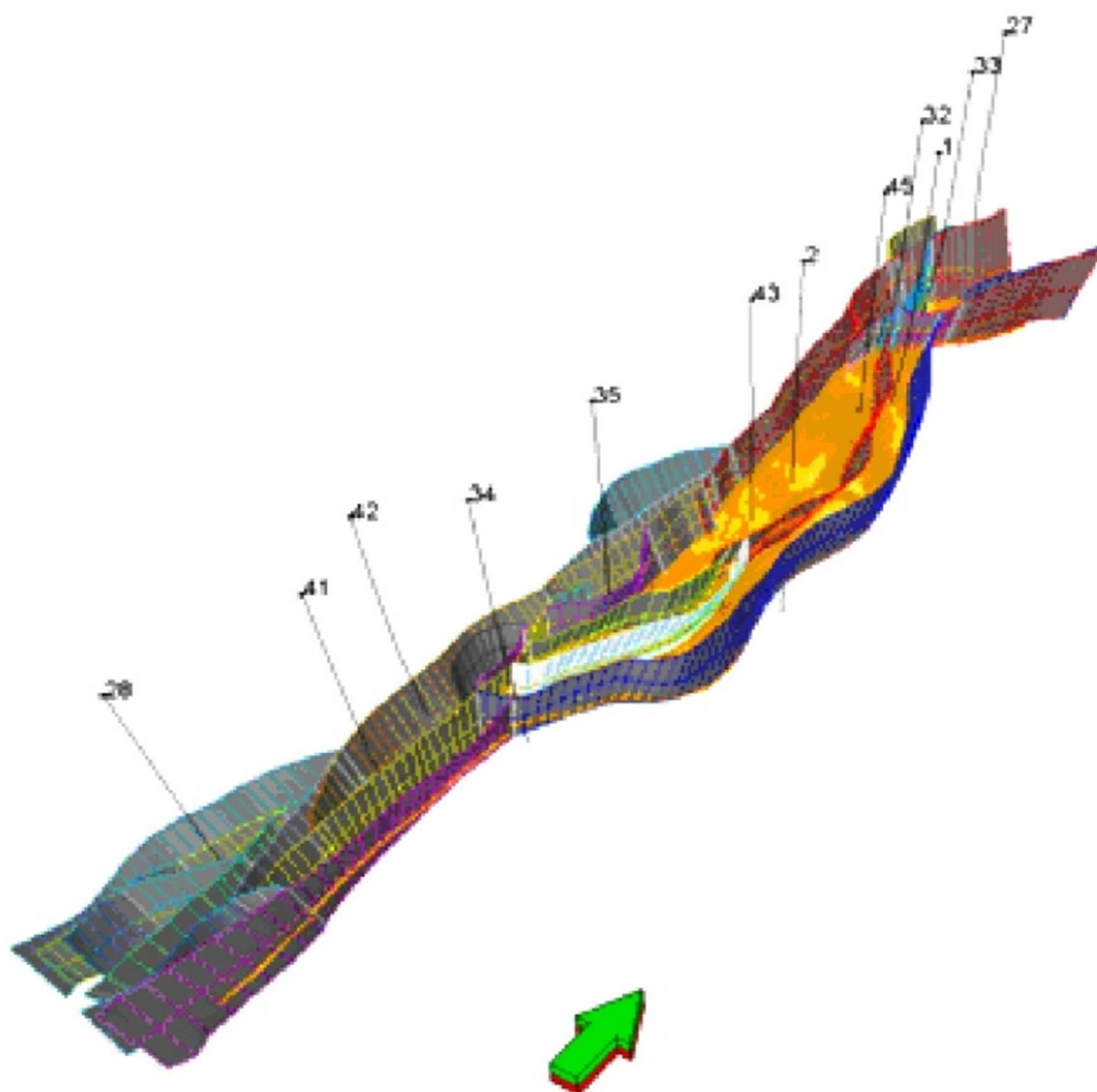


Рисунок 1 – Модель разломов Хасырейского месторождения

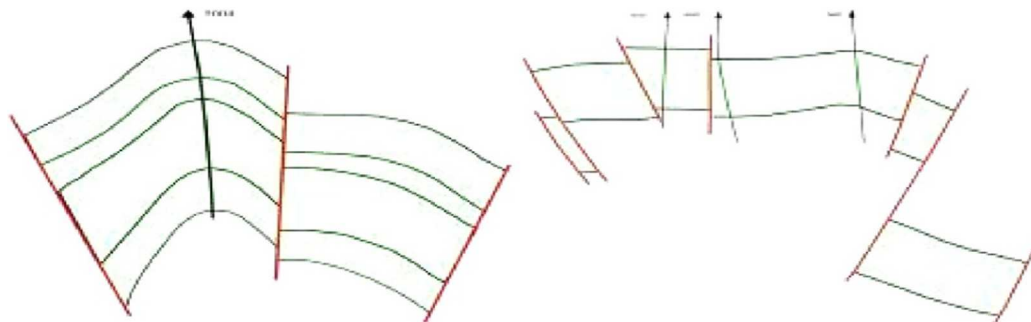


Рисунок 2 – Структурные элементы взбросо-надвигового типа

#### Построение структурно-тектонического каркаса

При построении модели использовались структурные поверхности отражающих горизонтов IIIsk IIIop и IV<sub>2</sub>, на их основе и отметках пластопересечения была построена стратиграфическая поверхность пачки D<sub>1</sub>dol. Затем проведено построение структурных поверхностей кровли каждого выделенного цикла в пределах доломитовой пачки и стратиграфических горизонтов D<sub>1</sub>ad, D<sub>1</sub>gd, S<sub>2</sub>gr и подошвы S<sub>2</sub>gr. Поверхности строились конформно относительно структурного горизонта D<sub>1</sub>dol и с учётом скважинных разбивок.

В результате получены следующие структурные поверхности:

- D<sub>1</sub>ad – кровля ангидрито-доломитовой пачки;
- D<sub>1</sub>gd – кровля глинисто-доломитовой пачки;
- N<sub>7</sub>gd – кровля 7 зонального интервала глинисто-доломитовой пачки;
- D<sub>1</sub>dol – кровля известняково-доломитовой пачки;
- Kr\_cycle\_1- 11 – кровли первого-одиннадцатого зональных интервалов доломитовой пачки;
- S<sub>2</sub>gr – кровля верхнесилурийского горизонта;
- Bot\_S<sub>2</sub>gr – условная подошва силура.

Оценка точности структурных построений характеризуется дисперсией погрешностей определения глубин исследуемого горизонта  $\sigma_h^2$  и зависит от используемой при интерпретации модели среды и ошибок измерения кинематических параметров – времён и скоростей.

Приведённые в таблице 1 прогнозные значения точности структурных построений усреднены для всей площади исследований, включая области, не освещённые данными бурения. Величина сечения структурных карт принималась равной 20 м для поверхности предъюрского и предтриасового размыва. Для горизонтов, начиная от кровли разновозрастных карбонатов до поверхности нижнего силура включительно, сечение принято 50 м. Нижние горизонты построены с сечением 100 м.

Таблица 1 – Оценка точности структурных построений

Показатель	Дисперсия погрешности определения скорости $\sigma_{v,v(пл)}^2$	Дисперсия погрешности определения глубины $\sigma_h^2$	Точность структурных построений $\sigma_h$	Величина сечения структурных карт $\Delta$
ОГ	м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	м	м
Б <sub>12</sub> под. (J <sub>12</sub> под.)	8464	521	23	20
А <sub>1</sub> под. (Т <sub>1</sub> под.)	10147	1764	42	20
IIcarb (С)	9240	2310	48	50
IIv (С <sub>1</sub> v <sub>1</sub> )	7216	2598	51	50
IIIsr (D <sub>3</sub> f <sub>2</sub> )	5011	2819	53	50
IIIsk (D <sub>1</sub> l)	4642	2611	52	50
IIIop (D <sub>1</sub> l)	5266	3370	58	50
IV <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )	5342	3860	62	50
IV <sub>1</sub> (S <sub>1</sub> )	5854	4230	65	20
V <sub>3</sub> (O <sub>3</sub> )	293599	22580	150	100
VI (PZ <sub>1</sub> )	100264	52910	230	100



Для построения прогнозных карт поверхности коллекторов сочтемкыртинских, овинпармских и силурийских залежей месторождений вала Гамбурцева сечение принято 20 м.

Для основного опорного отражающего горизонта IIIор, контролирующего кровлю доломитовой пачки, радиус первой зоны Френеля колеблется в пределах 300–400 м. Миграционные преобразования «сжимают» зону Френеля до доминирующей длины волны  $\lambda = 130-140$  м. Расчёты показали, что положение трасс разломов, вынесенные на карты, может колебаться в пределах  $\pm 70$  м.

Таким образом, по имеющимся 3D сейсмическим и скважинным данным построена структурно-тектоническая модель Хасырейского месторождения, отвечающая геологическим представлениям взбросо-надвигового формирования объекта моделирования (рис. 3).

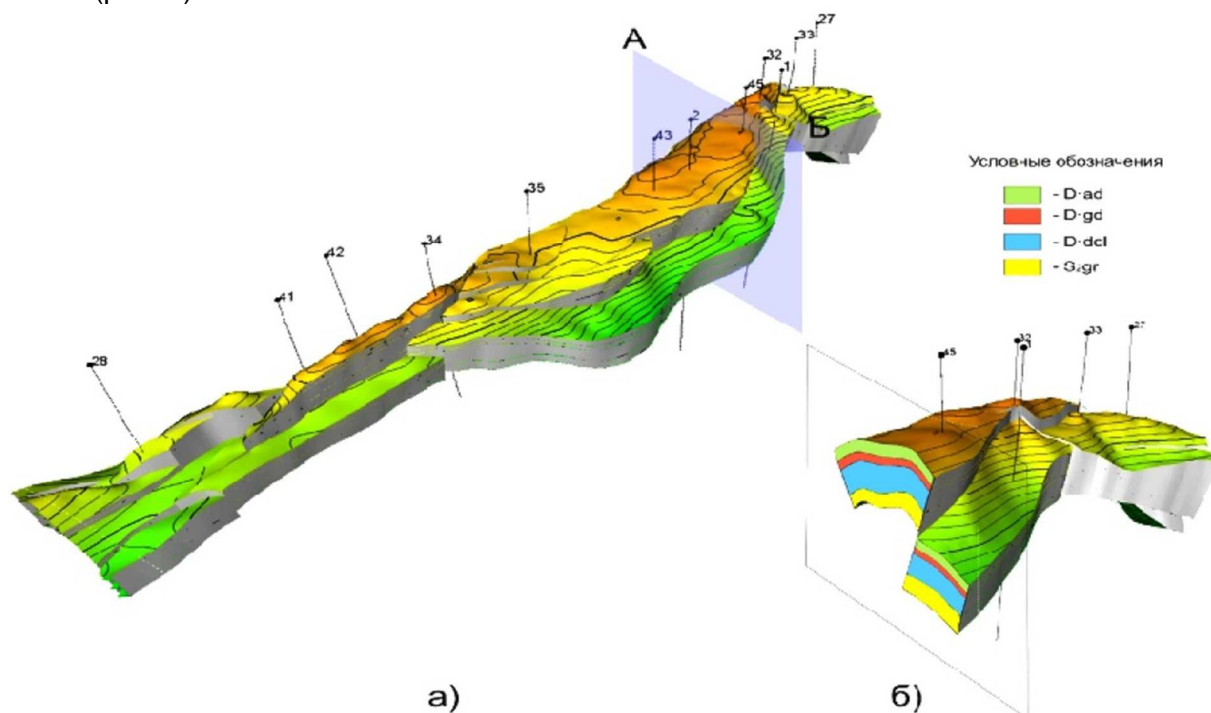


Рисунок 3 – а – структурно-тектоническая модель Хасырейского месторождения; б – схематичный разрез по линии А-Б

### Цифровая фильтрационная модель месторождения

Создание цифровой фильтрационной модели (ЦФМ) Хасырейского месторождения позволило решить следующие задачи:

- анализ эффективности существующей системы разработки;
- определение наиболее эффективного способа разработки;
- определение прогнозных уровней добычи нефти;
- анализ необходимости дальнейшей доразведки месторождения.

#### Выбор типа моделей

Для адекватного отображения фильтрационных процессов, протекающих в ходе разработки Хасырейского месторождения, была выбрана модель с двойной пористостью и двойной проницаемостью.

В пластах трещиновато-порового типа флюиды находятся в двух связанных между собой системах:

1) матрица породы – занимает основную часть объёма пласта, характеризуется низкой проницаемостью, в матрице в большей мере проявляется действие капиллярных сил;

2) трещины в породе – обладают высокой проницаемостью, более низкой ёмкостью пустотного пространства, высокой проницаемостной анизотропией, малой зависимостью от капиллярных сил.

В модели двойной пористости/проницаемости течение в пласте происходит:

- между соседними ячейками трещины;
- между каждой ячейкой матрицы и связанной с ней ячейкой трещины;
- для режима двойной проницаемости – между соседними ячейками матрицы.

Корректное описание вытеснения нефти из матрицы в трещины требует учёта гравитационного дренирования, что и было реализовано.

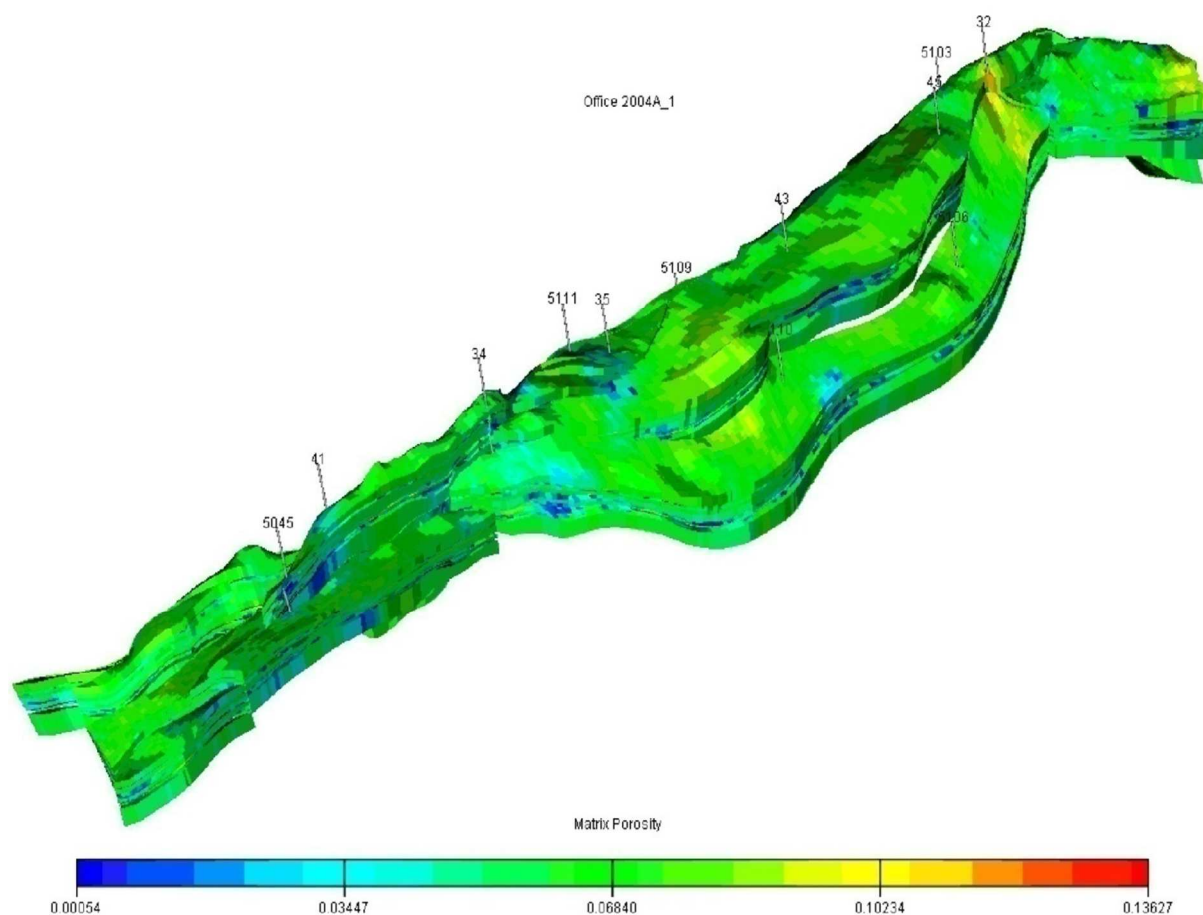
*Создание сетки, укрупнение и схема выделения слоёв*

Фильтрационная модель содержит 58х278 блоков по латерали. Геометрия месторождения задаётся регулярной неравномерной сеткой, осложняемой разломами смещения. Размер ячеек по направлению оси Y равен 100 м, по направлению оси X в интервале от 1,5 м до 300 м. В силу особенностей алгоритмов построения сетки в ПК «Petrel» ячейки с малыми размерами, как правило, находятся в районе разломов и в областях с большими углами наклона кровли.

После ремасштабирования геологической модели в ЦФМ все слои, относящиеся к ангидрито-доломитовой пачке ( $D_{1ad}$ ), были объединены в один слой – первый цикл гидродинамической модели, глинисто-доломитовая пачка ( $D_{1gd}$ ) также представляет собой один цикл – второй. Данные слои характеризуются низкой проводящей способностью трещин. Слои, относящиеся к доломитовой пачке ( $D_{1dol}$ ), были укрупнены в 12 циклов. Они составили с 3-го по 14-й слои модели. Силур ( $S_{2gr}$ ) представляет собой один цикл – 15-й слой модели.

Для моделирования двойной пористости с каждым блоком геометрической сетки связываются две ячейки моделирования, которые описывают матрицу и трещины. При этом их пространственное положение совпадает. В связи с этим производится удвоение числа ячеек.

В итоге была получена гидродинамическая модель Хасырейского месторождения (рис. 4) с размерами сетки, указанными в таблице 2.



**Рисунок 4** – Трёхмерная сетка пластов  $D_1$  и  $S_{2gr}$  Хасырейского месторождения (пористость матрицы)

Таблица 2 – Параметры фильтрационной модели Хасырейского месторождения

Геологическая модель		Фильтрационная модель	
размерность модели	средний размер ячейки	размерность модели	средний размер ячейки
58x278x738	100x100x0,5 м	58x278x15	99x103x26,9 м

Размеры в среднем по вертикали резко различаются по слоям. Верхние – ангидритодоломитовая  $D_{1ad}$  и глинисто-доломитовая  $D_{1gd}$  пачки – имеют высоту в среднем 62 и 63 м. Нижний слой – верхнесилурийский  $S_{2gr}$  имеют высоту в среднем 121 м. Остальные слои модели имеют средние высоты от 7 м (7-й цикл) до 33,5 м (4-й цикл).

Геолого-промысловые данные, индикаторные исследования и математическое моделирование позволили выделить непроницаемые разломы. Они моделировались заданием 0-го множителя на проводимость через соответствующие грани ячеек.

*Модифицированные функции (МФ) ОФП по фазам «вода – нефть»*

В основе гидродинамической модели Хасырейского месторождения лежит модель двойной пористости-проницаемости, следовательно, относительные фазовые проницаемости в этой модели должны описывать как потоки в трещинах, так и в матрице.

При моделировании для трещин относительные фазовые проницаемости выбирались по стандартной методике с учётом влияния капиллярных и гравитационных сил. Модифицированные относительные фазовые проницаемости (ОФП) для трещин показаны на рисунке 5. Доля заземлённой воды и остаточная нефтенасыщенность для трещин приняты равными 0,1 доли ед.

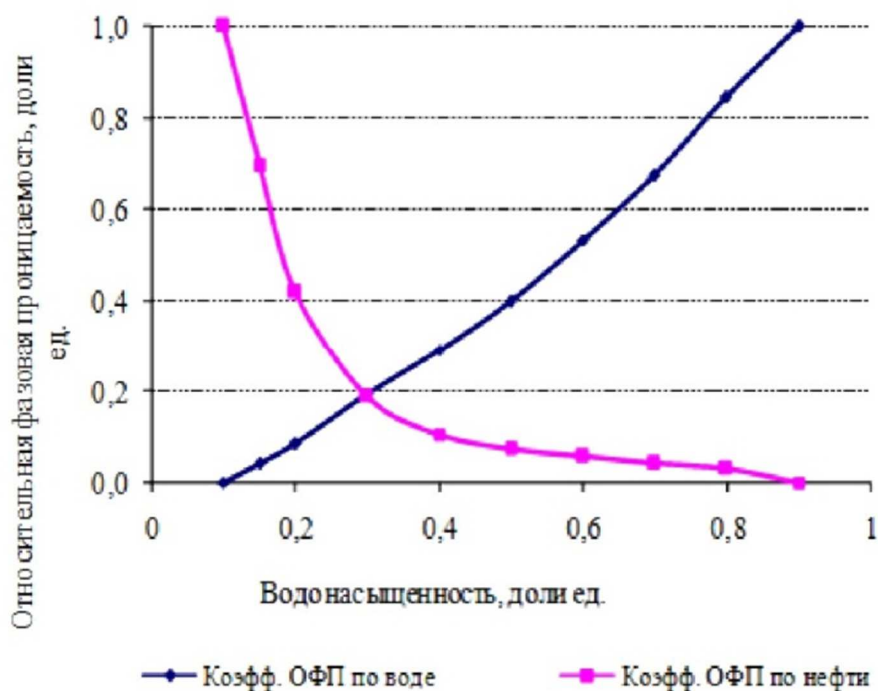


Рисунок 5 – Относительные фазовые проницаемости «вода – нефть» для трещин

Значение минимальной водонасыщенности для матрицы принято для  $D_{1gd}$  – 0,32 доли ед., для  $D_{1ad}$ ,  $D_{1dol}$  и  $S_{2gr}$  равно 0,16 доли ед. Для получения нормированных значений ОФП использовались эффективные проницаемости по нефти, что было вызвано отсутствием качественных экспериментов на керне. Модифицированные ОФП для матрицы показаны на рисунке 6, зависимость ОФП от водонасыщенности дана в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика модифицированных фазовых проницаемостей («вода – нефть»)

средняя насыщенность водой, доли ед.	Матрица $D_{1gd}$			Матрица $D_{1ol}, D_{1ad}, S_{2gr}$			Трещины		
	фазовая проницаемость для воды, доли ед.	фазовая проницаемость для нефти, доли ед.	средняя насыщенность водой, доли ед.	фазовая проницаемость для воды, доли ед.	фазовая проницаемость для нефти, доли ед.	средняя насыщенность водой, доли ед.	фазовая проницаемость для воды, доли ед.	фазовая проницаемость для нефти, доли ед.	средняя насыщенность водой, доли ед.
0,34	0	1	0,16	0	1	0,1	0	0	0,1
0,351	0,004	0,833	0,176	0,010	0,837	0,15	0,040	0,040	0,15
0,381	0,009	0,598	0,191	0,017	0,675	0,2	0,084	0,084	0,2
0,414	0,015	0,357	0,21	0,020	0,505	0,3	0,194	0,194	0,3
0,442	0,031	0,175	0,25	0,025	0,305	0,4	0,292	0,292	0,4
0,49	0,057	0,115	0,275	0,032	0,197	0,5	0,398	0,398	0,5
0,551	0,105	0,047	0,305	0,041	0,133	0,6	0,532	0,532	0,6
0,612	0,186	0,017	0,32	0,050	0,112	0,7	0,674	0,674	0,7
0,732	0,595	0,007	0,333	0,054	0,098	0,8	0,846	0,846	0,8
0,736	0,598	0,002	0,37	0,067	0,073	0,9	1	1	0,9
0,74	0,600	0	0,386	0,073	0,062	–	–	–	–

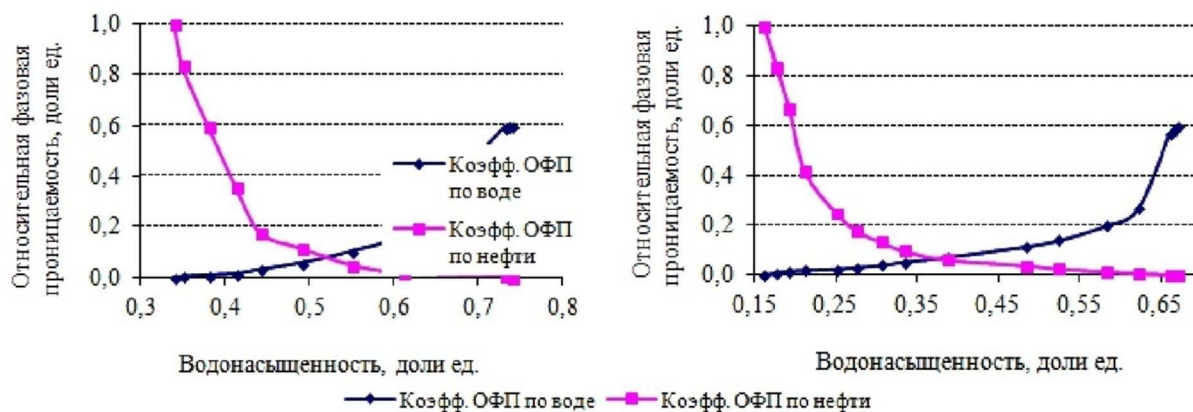


Рисунок 6 – Модифицированные функции ОП «вода – нефть» для матрицы для пачек: а)  $D_{1gd}$ ; б)  $D_{1dol}$ ,  $S_{2gr}$  и  $D_{1ad}$

*Уточнение параметров фильтрационной модели на основе анализа истории разработки.*

Целью адаптации модели было добиться адекватного описания процессов фильтрации. Критерием качества адаптации являлось соответствие следующих расчётных параметров фактическим: дебиты жидкости и приёмистости по скважинам, динамика обводнённости по скважинам, динамика пластового давления.

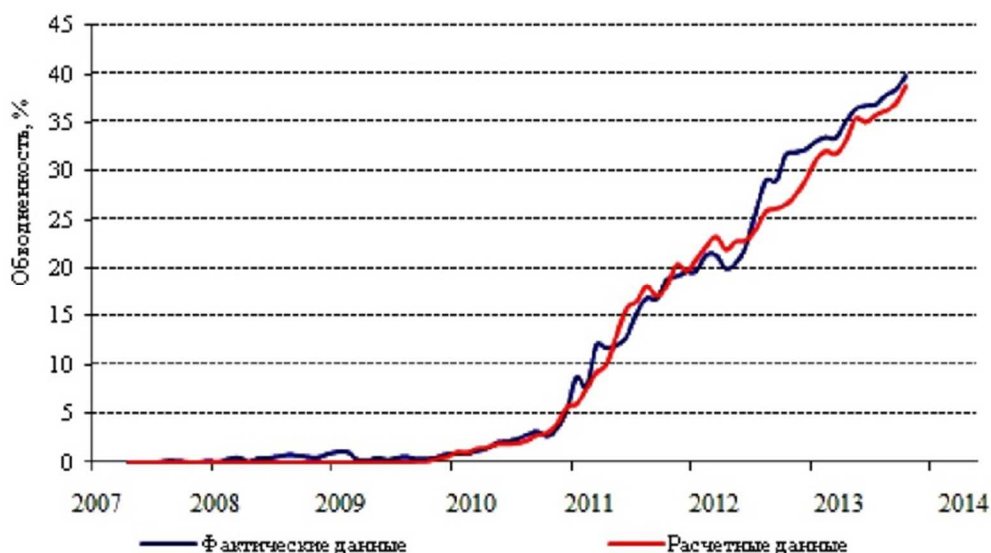
Первым этапом производилась адаптация дебита жидкости и объёма закачки скважин. При необходимости корректировались значения проницаемостей трещин вблизи скважин. На данном этапе внесения значительных изменений в модель не потребовалось.

На втором этапе адаптировалось распространение воды в резервуаре. Важной информацией при адаптации служили сведения о взаимовлиянии добывающих и нагнетательных скважин, установленные на основе геолого-промысловых данных (ПГИ, ГДИС, фактические показатели работы скважин, индикаторные исследования). Дополнительно привлекался анализ химического состава добываемой воды для определения обводнения скважин. Основным инструментом адаптации ФМ Хасырейского месторождения являлось уточнение анизотропии проницаемости и пустотности (объёма) трещин. Это связано с тем, что течение в пластах происходит преимущественно по трещинам, где проницаемость много выше проницаемости по матрице.

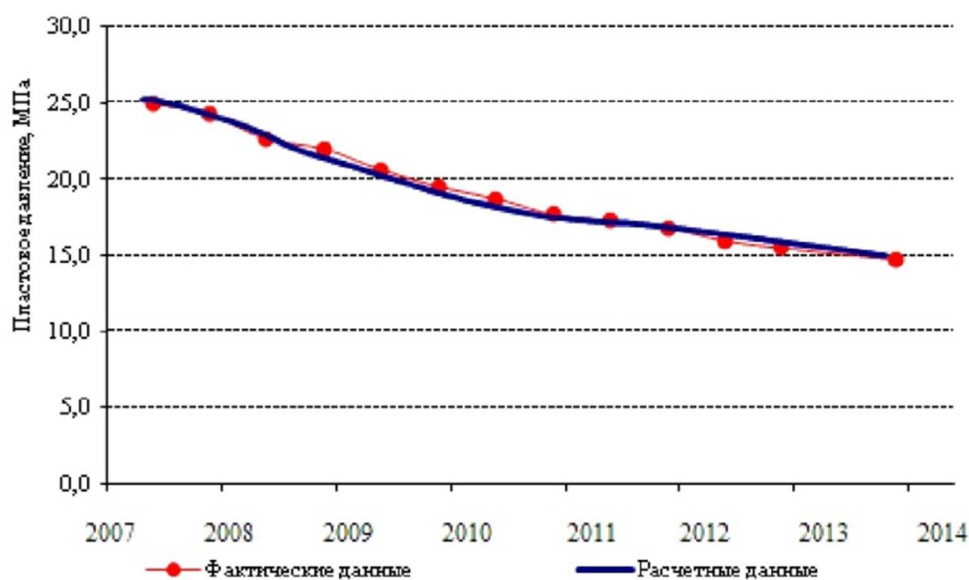
Результаты адаптации фильтрационной модели Хасырейского месторождения приведены на рисунках 7–9.



Рисунок 7 – Динамика дебита нефти для Хасырейского месторождения



**Рисунок 8** – Обводнённость продукции для Хасырейского месторождения



**Рисунок 9** – Сравнение пластовых давлений для Хасырейского месторождения

В таблице 4 приведено сопоставление фактических и расчётных технологических показателей истории разработки; в таблице 5 представлено сопоставление физико-химических свойств флюидов; в таблице 6 – сопоставление параметров геологической модели с фильтрационной моделью.



Таблица 4 – Сопоставление фактических и расчётных технологических показателей истории разработки

Годы	Фонд работающих добывающих скважин		Фонд работающих нагнетательных скважин		Добыча нефти, тыс. тонн			Добыча жидкости, тыс. тонн			Закачка воды, тыс. тонн		Пластовое давление, МПа	
	факт	расчёт	факт	расчёт	факт	расчёт	расход-дение, %	факт	расчёт	расход-дение, %	факт	расчёт	факт	расчёт
2007	6	6	0	0	195	196	0,26	196	196	0	0	0	24,4	24,2
2008	12	12	1	1	705	708	0,41	709	708	0,14	12	12	22,1	21,4
2009	31	31	1	1	1499	1506	0,48	1508	1507	0,07	254	254	19,6	19,1
2010	40	40	9	9	2252	2253	0,04	2308	2303	0,22	1171	1171	17,8	17,5
2011	49	49	13	13	2519	2538	0,78	2975	2968	0,23	3085	3085	16,9	16,9
2012	55	55	14	14	2540	2581	1,64	3489	3484	0,14	2773	2773	15,6	15,9
2013	57	57	14	14	2189	2253	2,92	3617	3605	0,33	2738	2738	14,8	15,0

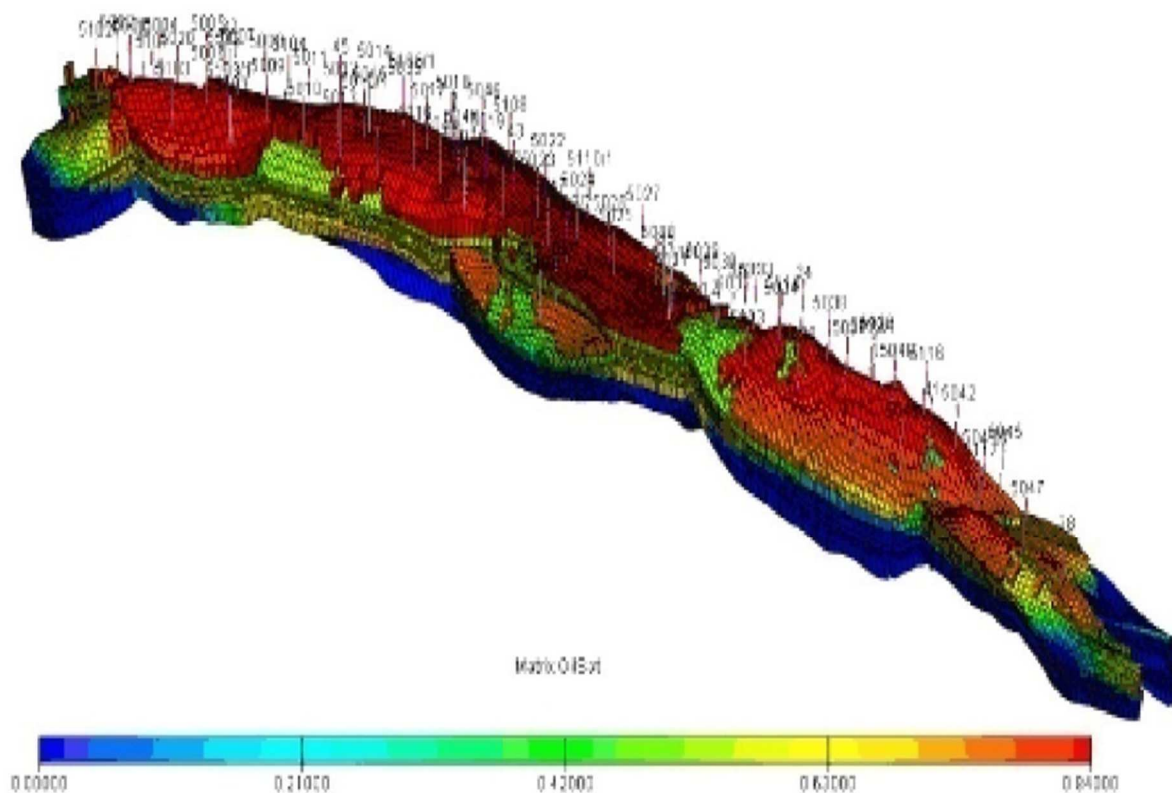
Таблица 5 – Сопоставление утверждённых физико-химических свойств флюидов и принятых в фильтрационной модели

Параметр	Подсчёт запасов	Фильтрационная модель	Расхождение	
			абс. ед.	%
Плотность нефти в поверхностных условиях, т/м <sup>3</sup>	0,869	0,869	0	0
Плотность нефти в пластовых условиях, т/м <sup>3</sup>	0,775	0,775	0	0
Плотность воды в пластовых условиях, т/м <sup>3</sup>	1,111	1,111	0	0
Плотность газа в пластовых условиях, т/м <sup>3</sup>	–	170	–	–
Объёмный коэффициент нефти, доли ед.	1,243	1,243	0	0
Объёмный коэффициент газа, доли ед.	–	0,004	–	–
Давление насыщения нефти газом, МПа	20,1	20,1	0	0
Газосодержание нефти, м <sup>3</sup> /т	117,0	117,0	0	0
Вязкость нефти в пластовых условиях, МПа · с	2,34	2,34	0	0
Вязкость воды в пластовых условиях, МПа · с	0,97	0,97	0	0
Вязкость газа в пластовых условиях, МПа · с	–	0,10	–	–

**Таблица 6** – Сопоставление параметров геологической модели с трёхмерной фильтрационной моделью

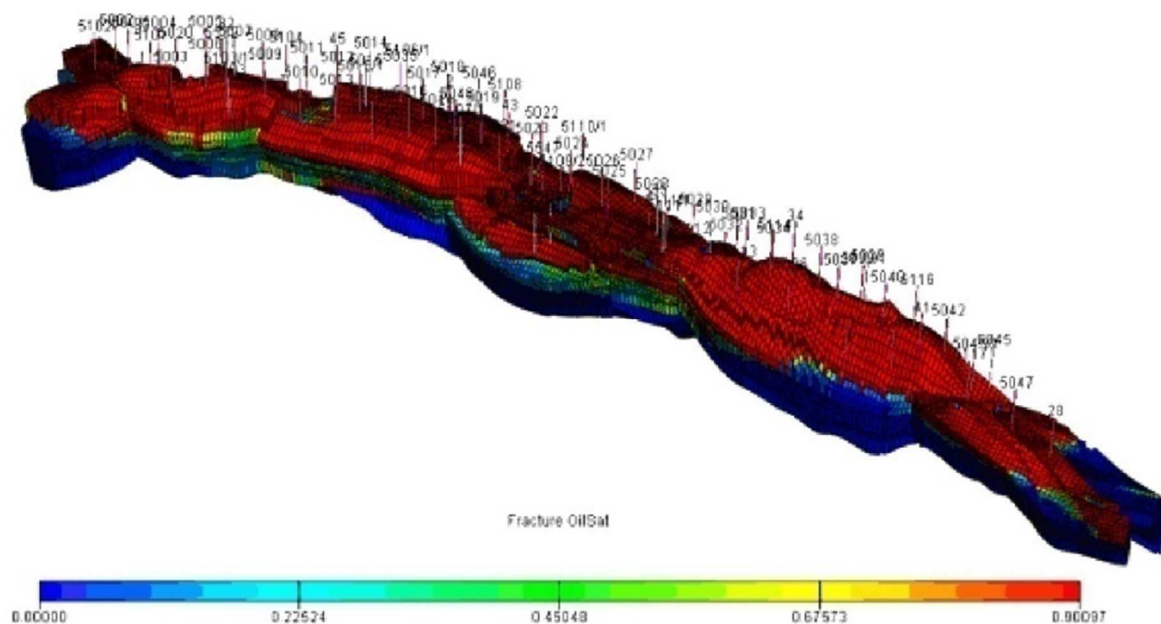
Параметр	Геологическая модель	Фильтрационная модель	Расхождение	
			абс. ед.	%
Эффективная толщина, м				
минимум	0,5	8,8		
максимум	128,6	127,3	1,3	1
среднее	47,0	49,4	2,4	5
Эффективная нефтенасыщенная толщина, м				
минимум	0,23	0,13	0,10	43
максимум	107,6	127,3	19,7	18
среднее	45,0	43,0	2	4
Коэффициент песчаности, доли ед.				
минимум	0,02	0,00		
максимум	0,18	0,21	0,03	16,7
среднее	0,11	0,12	0,01	8
Коэффициент пористости, доли ед.				
минимум	0,04	0,00		
максимум	0,18	0,16	0,02	11
среднее	0,07	0,07	–	–
Коэффициент нефтенасыщенности, доли ед.				
минимум	0,600	0,160		
максимум	0,886	0,836	0,050	5,6
среднее	0,814	0,786	0,028	3,4

На рисунках 10 и 11 приведены модельные распределения нефтенасыщенности по трещинам и по матрице.



**Рисунок 10** – Распределение нефтенасыщенности по трещинам (модель Хасырейского месторождения)





**Рисунок 11** – Распределение нефтенасыщенности по матрице (модель Хасырейского месторождения)

### **Современное состояние геофизической изученности месторождения**

#### *Основные этапы геологоразведочных работ*

С целью изучения геологического строения рассматриваемой территории, начиная с 1969 года и вплоть до 2014 года, проводились следующие виды геофизических исследований:

- аэромагнитные съёмки масштаба 1:200000 и 1:50000;
- гравиметрические съёмки масштаба 1:200000 и 1:50000;
- электроразведочные исследования методами МТП и МТЗ;
- сейсморазведочные работы МОВ, МОГТ 2D, МОГТ 3D.

Аэромагнитной съёмкой масштаба 1:200000 рассматриваемая территория была заснята в 1969–1970 гг. В результате этих работ установлены общие закономерности изменения магнитного поля, проведено районирование Тимано-Печорской провинции и составлена схема основных структурообразующих элементов.

Те же структурные элементы Варандей-Адзвинской структурной зоны нашли своё отражение на гравиметрических картах масштаба 1:200000. Были выявлены основные тектонические поднятия Гамбурцева, Сорокина, Колвинское, Морейюская и Верхне-Адзвинская брахиантиклиналь.

Проведённая в 1986–1990 гг. крупномасштабная аэромагнитная съёмка масштаба 1:50000 позволила уточнить строение отдельных региональных структур (вал Гамбурцева, вал Сорокина, Варандей-Адзвинская и Морейюская депрессии) и протрассировать разрывные нарушения, ограничивающие эти зоны. Позднее материалы съёмок были обобщены, в результате чего были составлены сводные аэромагнитные карты масштаба 1:50000 на северную часть провинции.

В 1993 году на Адзвинской площади с целью уточнения характера зоны сочленения вала Гамбурцева с Хоседаюской антиклинальной зоной были проведены детальные гравиметрические работы масштаба 1:50000.

В результате проведения электроразведочных работ методами МТП (метод теллурических полей) и МТЗ (метод теллурического зондирования) в 1972–1974 гг. появились данные о глубине залегания опорных геоэлектрических горизонтов разреза в Морейюской впадине: 6,0–6,5 км для III опорного горизонта и 10–12 км для IV опорного горизонта.

Сейсморазведочные работы в Варандей-Адзвинской структурной зоне ведутся с 1975 года. В 1975–1977 гг. были проведены региональные работы методом отражённых волн (МОВ). По результатам этих работ выполнено тектоническое районирование

рассматриваемой территории, выделены все вышеназванные региональные структуры, выявлено их соответствие особенностям геофизических полей по грави- и магниторазведке, а также изучена скоростная характеристика разреза осадочного чехла, уточнено плановое положение, амплитуды и особенности строения горста Чернова, валов Сорокина и Гамбурцева.

В период с 1977 по 1985 гг. проведены поисково-рекогносцировочные исследования и поисково-детальные работы МОВ с целью поиска локальных антиклинальных структур и подготовки их к глубокому бурению по отражающим горизонтам в верхнем и среднем палеозое. В результате этих работ в пределах вала Гамбурцева были выявлены Нядейюская, Хасырейская и Черпаюская локальные структуры

В 1985 году была подготовлена к глубокому бурению по отражающим горизонтам нижнего карбона – верхнего девона Нядейюская структура и в 1986 году начато структурно-поисковое и параметрическое бурение в южной приосевой части поднятия.

В 1986–1996 гг. выполнены сейсморазведочные работы методом общей глубинной точки (МОГТ) с целью подготовки к глубокому бурению других структур, выявленных сейсморазведкой МОВ. В результате этих работ были получены данные о мощности осадочного чехла и характере залегания отражающих горизонтов разреза вплоть до глубин 7–8 км. По отражающим горизонтам III-IV (S-D<sub>1</sub>), IV<sub>1</sub> (S), V (O) были подготовлены к глубокому бурению структуры: Нядейюская, Хасырейская и Черпаюская.

В 1996–2000 гг. проведены детализационные сейсморазведочные работы МОГТ с целью уточнения структурных планов продуктивных горизонтов, оптимального размещения разведочных скважин в пределах открытых к тому времени Нядейюского, Хасырейского и Черпаюского месторождений и подготовки к глубокому бурению автохтонной части разреза Черпаю-Хасырейской структуры.

В 2012 году осуществлена новая интерпретация геолого-геофизических данных в пределах вала Гамбурцева. Построены структурные карты в масштабе 1:50000 по отражающим горизонтам III<sub>d</sub> (D<sub>3dm</sub>), III<sub>1-3</sub> (D<sub>3tm-sr</sub>), III<sub>1</sub> (D<sub>1sk</sub>), III-IV (D<sub>1op</sub>), V (O<sub>3</sub>), карты изопахит отложений сотчемкыртинского и овинпармского горизонтов нижнего девона. Результаты выполненных работ дали возможность существенно уточнить геометрию структурных элементов месторождений по отложениям девона, силура, ордовика. Установлено более сложное, чем представлялось ранее, разломно-блоковое тектоническое строение района. Уточнены размеры, форма известных ранее и многочисленных впервые выявленных тектонических блоков и амплитуда структурообразующих тектонических разломов.

Детализационные 3D сейсморазведочные работы МОГТ впервые были выполнены в 2012–2013 гг. в объёме 43,43 км<sup>2</sup> в северной части Хасырейского месторождения с целью оценки возможностей метода сейсморазведки 3D для уточнения строения, определения размеров и контуров залежей, прослеживания зон улучшенных коллекторов, тектонических нарушений и картирования отдельных блоков, корреляции отражений от опорных целевых горизонтов S<sub>2gj</sub>, III-IV, III<sub>3-1</sub>, III<sub>d</sub>, IIv (Civ), Ia (P<sub>1ar</sub>) в отложениях палеозойско-мезозойской групп. По результатам работ по отражающим горизонтам уточнено строение Хасырейской структуры, сделаны попытки прогноза зон увеличения эффективных нефтенасыщенных толщин проницаемых карбонатов нижнего девона. Выполнена оперативная оценка запасов УВ нижедевонской залежи нефти.

В 2013–2014 гг. работы методом ОГТ (554,4 км<sup>2</sup>) были распространены на площадь всех трёх рассматриваемых в работе месторождений: Нядейюского, Хасырейского и Черпаюского с целью детализации геологического строения месторождений с залежами нефти в отложениях нижнего девона и верхнего силура и выдачей рекомендаций по закладке эксплуатационных и поисково-разведочных скважин. В результате проведённых работ изучено и уточнено структурно-тектоническое строение всех трёх месторождений по отложениям ордовикско-юрского возраста. Выполнены структурные построения по продуктивным пластам месторождений; проведён анализ кинематических и динамических характеристик сейсмической записи с целью выявления зон распространения пород с улучшенными коллекторскими свойствами и оптимизации заложения эксплуатационных скважин.

*Поисково-разведочное и эксплуатационное бурение*

На 01.01.2013 г. всего пробурены 77 скважин, из них в период эксплуатационного бурения – 64. В период поисково-разведочных работ (1988-1998 гг.) были пробурены 6 поисковых (№№ 1п, 2п, 32п, 33п, 34п и 35п) и 7 разведочных скважин (№№ 28р, 41р, 42р, 43р, 45р, 46р и 47р). Разведочные скважины №№ 42р и 46р и поисковая № 32п ликвидированы как выполнившие своё предназначение и выведены из фонда. Эксплуатационное бурение в начато в 2012 году. Состояние пробуренных скважин по состоянию на 01.01.2013 г. представлено в таблице 7.

**Таблица 7** – Состояние пробуренных скважин на 01.01.2013 г.

Номер скважины	Категория скважин	Дата окончания бурения	Глубина забоя, м	Состояние
1	2	3	4	5
1	поисковая	05.06.1990	4517	раб.
2	поисковая	30.11.1995	4609	раб.
28	разведочная	06.10.1994	2641,18	раб.
32	поисковая	27.09.1992	3200	ликвидирована
33	поисковая	25.09.1993	2730,6	бездействует
34	поисковая	25.03.1992	3200	раб.
35	поисковая	30.07.1994	3190	наблюдательная
41	разведочная	08.10.1996	2347	раб.
42	разведочная	27.03.1996		ликвидирована
43	разведочная	18.07.1994	2709	раб.
45	разведочная	12.05.1996	2816	раб.
46	разведочная	24.04.1997	4053,6	ликвидирована
47	разведочная	с 1997 года консерв.отс.фин.	2068	в консервации
5001	эксплуатационная	26.11.2010	2651	раб.
5002	эксплуатационная	28.11.2010	3003	раб.
5003	эксплуатационная	26.04.2010	3140	раб.
5004	эксплуатационная	18.01.2010	2712	раб.
5005	эксплуатационная	27.06.2008	2831	раб.
5006	эксплуатационная	28.12.2008	2836	раб.
5007	эксплуатационная	10.10.2008	2870	в консервации
5008	эксплуатационная	25.01.2008	2807	раб.
5009	эксплуатационная	15.10.2009	2874	раб.
5010	эксплуатационная	23.01.2010	2645	раб.
5011	эксплуатационная	12.08.2009	2558	раб.
5012	эксплуатационная	28.07.2010	2486	раб.
5013	эксплуатационная	28.03.2010	2750	раб.
5014	эксплуатационная	08.06.2010	2650	раб.
5016	эксплуатационная	15.01.2008	2742	раб.
5017	эксплуатационная	05.09.2007	2422	раб.
5018	эксплуатационная	27.05.2008	3074	раб.
5019	эксплуатационная	14.05.2009	2600	раб.
5020	эксплуатационная	14.02.2011	2937	раб.
5021	эксплуатационная	03.06.2010	2545	раб.
5022	эксплуатационная	23.03.2010	2770	раб.
5023	эксплуатационная	19.11.2009	2744	раб.
5024	эксплуатационная	13.01.2009	2720	раб.
5025	эксплуатационная	30.04.2010	2700	раб.
5026	эксплуатационная	10.10.2009	2505	раб.
5027	эксплуатационная	18.12.2009	2846	раб.
5028	эксплуатационная	03.03.2010	2975	раб.
5029	эксплуатационная	07.02.2010	2910	раб.
5030	эксплуатационная	31.01.2010	2540	бездействует
5031	эксплуатационная	09.08.2009	2690	раб.

Окончание таблицы 7

1	2	3	4	5
5032	эксплуатационная	07.04.2010	2875	раб.
5033	эксплуатационная	04.01.2010	2755	раб.
5034	эксплуатационная	10.05.2011	2650	раб.
5036	эксплуатационная	27.06.2011	2800	раб.
5038	эксплуатационная	21.10.2011	2520	раб.
5040	эксплуатационная	12.08.2010	2570	раб.
5041	эксплуатационная	03.09.2011	2720	раб.
5042	эксплуатационная	24.06.2011	2905	раб.
5047	эксплуатационная	09.11.2010	2732	раб.
5101	эксплуатационная	20.07.2010	3130	раб.
5102	эксплуатационная	13.09.2010	2966	раб.
5103/1	эксплуатационная	26.05.2009	2840	раб.
5104	эксплуатационная	16.08.2009	3053	раб.
5105/1	эксплуатационная	09.10.2008	2802	раб.
5106/1	эксплуатационная	28.04.2009	2808	раб.
5107	эксплуатационная	07.12.2009	2746	раб.
5108	эксплуатационная	31.08.2009	3040	раб.
5109/1	эксплуатационная	17.10.2008	2903	раб.
5110/1	эксплуатационная	16.06.2009	3055	раб.
5111/1	эксплуатационная	26.10.2008	2930	раб.
5112	эксплуатационная	24.05.2009	3635	раб.
5113	эксплуатационная	03.09.2011	3188	раб.
5114	эксплуатационная	18.12.2011	2890	раб.
5115	эксплуатационная	12.02.2011	2947	раб.
5116	эксплуатационная	23.04.2011	2568	раб.
5117	эксплуатационная	02.01.2011	2803	раб.
5532	эксплуатационная	01.09.2007	2619	раб.
5547	эксплуатационная	10.07.2010	2945	раб.
5035	эксплуатационная	01.10.2012	2629	раб.
5037	эксплуатационная	01.02.2012	2820	ост.
5046	эксплуатационная	01.12.2012	2865	раб.
5015/1	эксплуатационная	01.08.2012	2957	раб.
5039/1	эксплуатационная	01.12.2012	2169	раб.
5045/1	эксплуатационная	01.05.2012	3289	раб.

*Отбор и исследования керна*

Отбор керна производился в соответствии с геолого-техническими нарядами на скважины и корректировался в зависимости от особенностей строения вскрываемого разреза. Основное внимание при этом было обращено на достижение более полной освещённости керном продуктивной части разреза. Месторождение достаточно полно охарактеризовано исследованиями керна для дальнейшего проектирования разработки.

*Геофизические исследования скважин в процессе бурения*

Выполненные методы ГИС позволили решить задачи корреляции пластов, литологического расчленения разреза, выделения коллекторов, оценить емкостные свойства коллекторов.

Общие исследования выполнялись во всех скважинах и по всему разрезу в масштабе 1:500 в следующем объеме:

– стандартный каротаж потенциал-зондами N11.0M0.5A, N8.0M0.5A или N6.0M0.5A градиент-зондом A4.0M0.5N (или A8M1N);

- ПС;
- кавернометрия;
- радиоактивный каротаж (гамма-нейтронный каротаж разных модификаций).

Комплекс детальных геофизических исследований в перспективных продуктивных отложениях в масштабе глубин 1:200 был различен в разведочных и эксплуатационных скважинах.

В разведочных скважинах проводились следующие виды каротажа:

- стандартный каротаж стандартными потенциал- и градиент-зондами;
- ПС;
- боковое каротажное зондирование (БКЗ) комплексом подошвенных градиент-зондов размерами 0,45; 1,05; 2,25; 4,5; 8,5 м и обращенным зондом N0.5M2.0A;
- микрозондирование МКЗ;
- боковой микрокаротаж БМК;
- боковой каротаж БК;
- индукционный каротаж ИК;
- гамма-каротаж ГК;
- нейтронный гамма-каротаж НГК или НКТ или 2НКТ – однозондовая или двухзондовая модификация нейтронного каротажа по тепловым нейтронам;
- гамма-гамма-плотностной каротаж ГГКП;
- акустический каротаж ДТ;
- инклинометрия;
- резистивиметрия.

Исследования в скважинах выполнялись, в основном, серийной отечественной аппаратурой. Масштабы и скорости регистрации диаграмм выбирались в соответствии с требованиями соответствующих технических инструкций.

В состав БКЗ входили пять подошвенных градиент-зондов стандартных размеров (АО = 0,45-8,50 м) и один кровельный зонд (АО = 2,25 м), а также потенциал-зонд N6.0M0.5A, N8.0M0.5A или N11.0M0.5A и резистивиметр.

Боковой каротаж выполнялся трёхэлектродным зондом БК-3.

При микрокаротаже применялись стандартные зонды A0.5M и A0.025M0.025N.

Индукционный каротаж записан зондами 6Ф1, 7И1.6 и комплексом ИКЗ-2.

Кривые радиоактивного каротажа регистрировались приборами ДРСТ-3-90 и СРК-73. При регистрации акустических свойств горных пород использовались приборы USBA-21, СПАК-6, СПАК-4.

ГИС в большинстве разведочных скважинах проводились в 80-х годах прошлого столетия, поэтому запись диаграмм велась в аналоговой форме; затем диаграммы были оцифрованы. В эксплуатационных скважинах каротаж проводился современными многоканальными станциями, позволяющими вести запись на цифровые носители.

Имеющиеся материалы ГИС, в основном, удовлетворительного качества, соответствуют основным требованиям и пригодны для количественной интерпретации.

*Промыслово-геофизические исследования эксплуатационных скважин*

На месторождении за период 2007-2012 гг. проведены 113 исследований в 46 скважинах.

Информационная карта охвата месторождения промыслово-геофизическими исследованиями приведена на рисунке 12. В целом по месторождению охват скважин информативными промыслово-геофизическими исследованиями – 94 %.

*Гидродинамические исследования скважин*

Данные о состоянии изученности месторождения гидродинамическими методами приведены в таблице 8.

Достоверные КВД (КПД) имеет 62 % фонда, из них 15 скважин имеют повторные замеры, объем исследований достаточен для решения задач проектирования разработки месторождения и построения фильтрационной модели.

Таблица 8 – Результаты гидродинамических исследований скважин (пласт D<sub>1</sub>)

Номер скважины	Толщина пласта, м	Дебит жидкости, м <sup>3</sup>	Обводнённость, %	Пластовое давление на отметку 2121 м (10 <sup>-1</sup> ) МПа	Забойное давление на отметку 2121 м (10 <sup>-1</sup> ) МПа	Коэффициент продуктивности, м <sup>3</sup> · 10 <sup>3</sup> /сут · МПа	Гидропроводность, (10 <sup>-3</sup> ) (мкм <sup>2</sup> · м) / (МПа · с)	Проницаемость, 10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup>	Вид исследования
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	45	154	0,3	172	153	8,3	1290	73	КВД
2	4	167	1,4	160	144	10,3	1000	520	КВД
34	6	143	–	234	228	28,3	3933	1420	КВД
34	6	246	0,3	159	215	25,5	2835	1020	КВД
34	6	241,92	0,3	234	191	16,4	2192	792	КВД
34	6	172,81	0,3	166	196	14,4	1629	589	КВД
34	6	237,4	–	160	178	21,4	2580	932	КВД
34	6	209,9	0,2	181	169	17,4	2393	865	КВД
34	6	155	0,2	234	159	25,6	3955	1430	КВД
34	6	148	0,7	159	153	28,5	4429	1600	КВД
41	6	498,24	0,3	215	214	1114,6	16071	5710	КВД
41	6	289	0,5	198	197	323,6	8571	3050	КВД
41	–	358	1,2	205	205	103,2	6286	–	ИД
41	–	320	0,2	196	191	63,2	4616	–	ИД
41	6	187	0,2	189	186	35,0	5102	–	КВД
41	6	203	0,2	165	158	–	6695	–	КВД
41	–	103	0,2	147	146	62,3	12220	–	КВД
43	49	–	–	182	–	–	3647	167	КВД
43	–	210	0,8	219	215	48,3	31473	–	КВД
43	49	225	0,3	215	200	14,8	3304	151	КВД
43	49	199	0,2	182	169	14,9	2982	136	КВД
43	49	251	0,3	275	256	13,3	5134	235	КВД
45	6	484	–	247	246	677,9	7946	1980	КВД
5001	80	195	0,9	194	191	57,5	8438	236	КВД
5001	80	115	82,8	160	156	26,7	6205	174	КВД
5004	35	159	–	165	155	14,5	6295	834	КВД
5005	22	343	0,6	217	229	79,5	63839	6440	КВД
5005	22	305	1	217	206	38,2	31830	3210	КВД
5005	22	170	0,4	165	162	55,8	34286	3460	КВД
5006	36	248	0,2	210	164	5,4	1460	92	КВД
5007	31	196	2,3	224	179	4,3	3933	283	КВД

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5007	31	–	0,5	–	172	–	193304	–	КВД
5008	29	–	3,6	155	–	–	2888	275	КВД
5010	26	176	0,7	167	160	37,4	5491	478	КВД
5011	52	243	0,2	184	175	27,1	7188	313	КВД
5015	36	267	1,7	202	188	20,1	31116	1930	КВД
5015	–	158	0,7	164	188	79,4	37589	–	КВД
5016	26	388	–	160	154	69,3	13348	2650	КВД
5017	13	–	0,2	246	242	–	44152	7550	КВД
5017	13	408	0,3	191	229	33,2	35179	6020	КВД
5017	13	289,6	–	160	229	61,3	36250	6200	КВД
5017	13	270	0,7	272	264	36,7	12679	2510	КВД
5017	13	–	0,3	191	195	–	22679	3880	КВД
5017	13	177	0,6	190	188	62,9	15893	2720	КВД
5018	6	–	8,9	194	181	–	1973	691	КВД
5019	39	289	0,8	257	246	26,1	3076	248	КВД
5019	39	265	0,6	172	167	145,0	7411	429	КВД
5020	27	–	0,3	147	–	–	171	27	КВД
5021	26	–	0,8	173	–	–	30938	2660	КВД
5022	30	231	0,4	177	161	14,3	27143	2010	КВД
5022	30	318	1,3	172	169	100,0	21741	1660	КВД
5023	32	–	0,5	185	–	–	38438	2670	КВД
5024	42	281	0,5	202	189	22,9	21518	1160	КВД
5024	42	235	0,2	185	190	95,9	18795	1010	КВД
5024	–	–	0,3	185	194	–	25000	–	КВД
5024	–	99	0,4	175	174	165,0	–	–	КВД
5027	31,21	159	0,9	185	182	50,6	11205	804	КВД
5027	31,21	121	18,9	154	152	68,6	11786	2220	КВД
5028	31,03	150	0,4	175	164	13,5	9911	715	КВД
5028	–	180	1,3	168	164	51,3	13036	–	КВД
5029	20,97	241	0,5	188	172	9,5	99107	8490	КВД
5029	20,97	201	0,1	188	186	95,6	25759	2750	КВД
5030	30,5	–	0,7	179	–	–	75	28,1	КВД
5031	–	–	0,5	175	–	–	19375	–	КВД
5045	20,4	130	0,3	186	168	7,1	1013	111	КВД
5107	6	–	–	203	119	–	1138	103	КВД

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5108	6	155	0,7	191	184	23,2	3147	336	КВД
5108	-	257	-	218	359	1,8	200	21,3	КПД
5109	-	-	-	235	-	-	469	69,7	КПД
5109/1	12,1	-	-	131	-	21,0	2768	512	КВД
5532	74,9	-	-	183	212	-	1643	49,1	КВД
5106/1	7,3	-	0,7	186	196	-	13661	4190	КВД
5109/1	2,8	-	-	218	-	-	4058	3250	КПД
5110/1	9,3	-	0,3	235	-	-	12455	2690	КВД
5005	-	234	0,6	163	158	46,8	20719	-	ИД
5005	-	-	0,2	163	316	-	20338	-	КВД
5010	-	176	0,7	158	156	97,8	4231	-	КВД
5011	-	230	0,1	193	179	21,7	5250	-	ИД
5011	-	-	0,3	157	-	-	5339	-	КВД
5012	-	198	0,7	179	174	41,2	6744	-	КВД
5012	-	221	1,2	180	166	14,9	6183	-	КВД
5015	-	-	1,5	211	-	-	6688	-	ИД
5016	-	267	2,5	209	209	54,0	1330	-	ИД
5016	-	220	0,2	190	188	126,9	6677	-	ИД
5017	26	0	1,9	225	-	-	14367	1240	КВД
5019	27,8	0	0,3	178	-	-	7385	636	ИД
5022	-	0	29,4	168	-	-	7098	-	КВД
5034	20,8	199	0,1	172	155	12,3	989	119	КВД
5039	-	-	-	165	-	-	14793	-	КВД
5042	-	-	1,2	нет инклимет-рии	нет инклимет-рии	-	3842	-	КВД
5102	9,5	-	-	173	-	-	977	30,9	КПД
5104	-	218	0,2	188	188	97,9	2104	-	ИД
5104	-	-	1,1	179	174	-	2680	-	КВД
5104	-	145	0,3	169	160	16,8	1483	-	КВД
5104	-	0	0,1	152	-	-	5404	-	ИД
5104	-	216	0,2	161	157	59,4	6809	-	КВД
5113	-	-	4,3	189	142	-	361	-	КВД
5114	-	-	0,4	нет инклимет-рии	нет инклимет-рии	-	4892	-	КВД
5116	22,3	-	0,2	165	-	-	5035	571	КВД
5109/1	12,8	-	-	224	-	-	12533	294	КПД
Средние значения по медиане	22	210	1	183	180	35	6290	819	



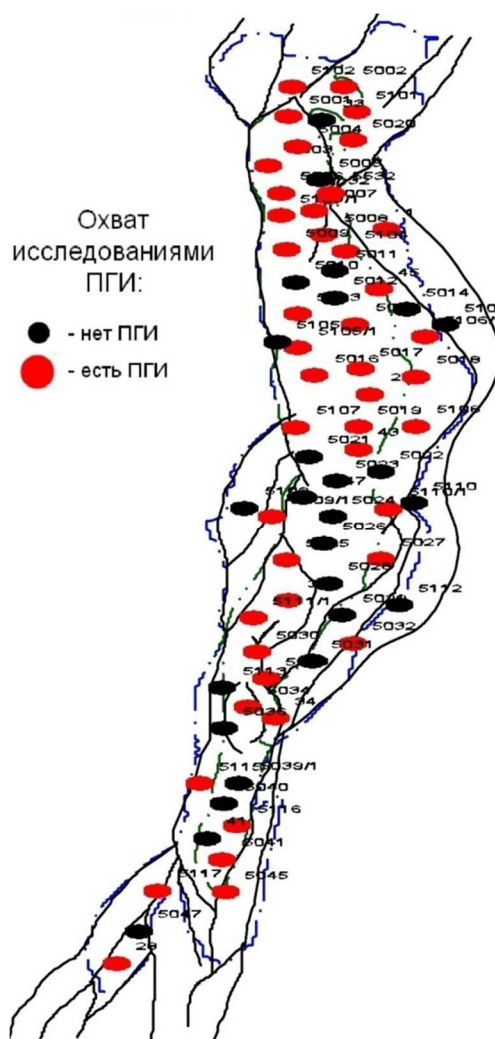


Рисунок 12 – Информационная карта по промыслово-геофизическим исследованиям пласта

### Программа доразведки месторождения

В настоящее время 2D и 3D сейсморазведочные работы на месторождениях вала Гамбурцева проведены в достаточном объеме. Однако при обработке сейсмике 3D не была выполнена миграция до суммирования. Это не позволяет должным образом учесть кривизну отражающих горизонтов, в результате в областях с большими углами наклона отражающих горизонтов погрешность определения глубины значительно возрастает. Для уточнения структурных построений рекомендуется выполнить переобработку результатов сейсмосьёмки с применением миграции до суммирования. Отметим, что в результате переобработки можно получить более качественные кубы сейсмических атрибутов, а уточнение структуры позволит более точно выполнить расчёт механических напряжений в пласте. Полученные результаты помогут уточнить модель сети трещин месторождения.

#### *Отбор и исследование керна*

Отбор керна производился в соответствии с геолого-техническими нарядами на скважины и корректировался в зависимости от особенностей строения вскрываемого разреза. Основное внимание при этом было обращено на достижение более полной освещённости керном продуктивной части разреза. Месторождение недостаточно полно охарактеризовано исследованиями керна для дальнейшего проектирования разработки.

При дальнейших исследованиях имеющегося керна необходимо провести измерение прочностных и деформационных характеристик пород (предел прочности при сжатии/растяжении, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, коэффициент сжимаемости порового пространства), определение пространственной анизотропии фильтрационных свойств в зависимости от напряжённого состояния пород на об-

разцах керна. На изучаемых образцах керна провести лабораторные определения фильтрационно-ёмкостных свойств, коэффициентов вытеснения нефти различными агентами, кривых относительных фазовых проницаемостей (не менее 3–4 моделей), коэффициентов сжимаемости, типа смачиваемости пород, эффективности капиллярной пропитки. Необходимо также проведение комплексных лабораторных исследований образцов пород для оценки и определения физических и фильтрационно-ёмкостных свойств коллекторов, в том числе удельного электрического сопротивления, скорости продольных волн,  $K_n$ ,  $K_{пр}$ ,  $K_{во}$ ,  $P_n$ ,  $P_n$ .

Также необходимо осуществить отбор керна на нейтральных основах для определения текущей нефтенасыщенности, в особенности в разгазированных и заводнённых интервалах. Отбор керна необходимо отбирать из новых эксплуатационных скважин или боковых стволов.

При исследованиях образцов керна необходимо уделить внимание установлению зависимости «кern – kern», «кern – ГИС» с возможным разделением на типы коллектора. Для получения чёткой зависимости «пористость – проницаемость» образцы керна необходимо разделить на несколько типов коллектора. На месторождениях вала Гамбурцева это сделать не представляется возможным, так как образцы содержат различные комбинации пор, каверн и трещин. Более целесообразно разделить образцы на группы в зависимости от количественных характеристик трещиноватости и кавернозности: количество трещин, их раскрытость, пористость трещин и каверн на имеющихся образцах керна и шлифах.

Для более надёжного определения связанной водонасыщенности рекомендуется проведение исследований методом ртутной капиллярметрии. Для получения зависимости коэффициента нефтенасыщенности от пористости и проницаемости исследуемые образцы необходимо разделить на группы в зависимости от количественных характеристик каверн и пор.

*Промысловые и гидродинамические исследования скважин*

Задачи, стоящие перед промысловыми и гидродинамическими исследованиями:

- уточнение типа коллектора и геолого-гидродинамической модели залежи, оценка степени участия матрицы в разработке;
- оценка гидродинамической связи по объекту и выявление непроницаемых границ;
- определение продуктивности скважин;
- оценка трещиноватости пласта;
- изучение характера фильтрации жидкости. Выявление и оценка свойств флюида;
- установление характера зависимости фильтрационных свойств от забойных давлений в добывающих и нагнетательных скважинах. Определение зависимости коэффициента продуктивности от депрессии на пласт при забойных давлениях ниже давления насыщения;
- определение забойного давления, ниже которого начинается снижение коэффициента продуктивности. Определение давления насыщения по данным исследований скважин;
- определение критического давления раскрытия трещин в нагнетательных скважинах;
- поинтервальное определение фильтрационных характеристик.

Для решения данных задач необходимо осуществление комплекса гидродинамических исследований пластов, включающих в себя:

- методы исследований на неустановившемся притоке;
- методы установившихся отборов;
- гидропрослушивания, индикаторные исследования;
- замеров давлений (пластовых, забойных и устьевых);
- замеров дебитов скважин;
- замеров промыслового газового фактора.

Рекомендуемый комплекс гидродинамических исследований по контролю за разработкой месторождения и периодичность их проведения представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Программа доработки и исследовательских работ Хасырейского месторождения

№№ п/п	Вид и цель работ	Объем работ	Исполнитель
1	Определение физико-гидродинамических характеристик коллекторов		
1.1	Исследование добывающих и нагнетательных скважин методом восстановления (падения) давления для определения фильтрационно-емкостных свойств пласта	весь фонд	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ОАО «Коминнефтегеофизика»
1.2	Специальные исследования керны		
1.2.1	Измерение прочностных и деформационных характеристик пород (предел прочности при сжатии/растяжении, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, коэффициент сжимаемости порового пространства)	на керне из скважин №№ 5026, 5116, 5017 и 5532 (3 обработки на 1 скважину)	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ»
2.3.2	Лабораторные определения фильтрационно-емкостных свойств изучаемых образцов, коэффициентов вытеснения нефти различными агентами (на образцах с различной проницаемостью), кривых относительных фазовых проницаемостей (не менее 3-4 моделей), коэффициентов сжимаемости, типа смачиваемости пород, эффективности капиллярной проницаемости	на керне из скважин №№ 5026, 5116, 5017 и 5532	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ»
2.4.	Проведение комплексных лабораторных исследований образцов пород для оценки и определения физических и фильтрационно-емкостных свойств коллекторов, в том числе удельного электрического сопротивления, скорости продольных волн, $K_{гн}, K_{гпр}, P_{гн}, P_{гп}$	на керне из скважин №№ 5026, 5116, 5017 и 5532	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ»
2.5	Отбор керны на нейтральных основах из БС для определения текущей нефтенасыщенности	на керне из скважин №№ 5211 и 5220, керны из бокового ствола скважины № 5006	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ»

Для проведения гидродинамических исследований скважин необходимо использовать современные электронные манометры, имеющие разрешающую способность не менее  $0,005 \text{ кг/см}^2$  и время регистрации давления до нескольких месяцев. Контроль за энергетическим состоянием залежей нефти и технологическим режимом эксплуатации скважин производится с ежеквартальным построением карт изобар с целью расчёта средневзвешенного текущего пластового давления в зоне отбора жидкости и на линии нагнетания.

Для контроля за энергетическим состоянием залежей необходимо проведение замеров в строгом соответствии с действующими руководящими документами и инструкциями. Замеры пластового давления осуществляются один раз в квартал, забойного давления – один раз в месяц, со стопроцентным охватом фонда скважин. Рекомендуется замеры давления на скважинах совмещать с плановыми ремонтами.

Список скважин, в которых необходимо проводить замеры давлений ежегодно уточняется и утверждается совместно с геологической службой «РН – Северная нефть» и научно-исследовательской организацией, осуществляющей надзор за разработкой месторождения. Для скважин, эксплуатируемых механизированным способом, рекомендуются два способа проведения исследований скважин на приток стандартными комплексами.

Первый способ – применение комплексного прибора типа «Фонтан» путём спуска его под насос с оставлением на кабеле в скважине для последующего цикла исследования в интервале перфорации.

Второй способ – отбивка уровней в затрубном пространстве механизированных скважин с помощью эхолотов, уровнемеров или геофизических приборов.

С учётом эксплуатации скважин в подгазовых зонах особое внимание следует уделить периодичности и качеству замеров промыслового газового фактора.

Результаты исследований должны своевременно передаваться в ООО «РН - УфаниПИНефть», обеспечивающее научное сопровождение разработки.

#### *Геофизические исследования скважин*

Промыслово-геофизические исследования следует проводить в добывающих и нагнетательных скважин с целью:

- уточнение типа коллектора и геолого-гидродинамической модели залежи, оценка степени участия матрицы в разработке;
- оценка гидродинамической связи по объекту и выявление непроницаемых границ;
- определение фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта и оценка их изменения по площади и во времени в процессе разработки;
- оценка трещиноватости пласта;
- определение размеров и структуры порового пространства блоков матрицы (FMI);
- изучение характера фильтрации жидкости. Выявление и оценка свойств флюида;
- установление характера зависимости фильтрационных свойств от забойных давлений в добывающих и нагнетательных скважинах. Определение зависимости коэффициента продуктивности от депрессии на пласт при забойных давлениях ниже давления насыщения;
- определение забойного давления, ниже которого начинается снижение коэффициента продуктивности. Определение давления насыщения по данным исследований скважин;
- определение критического давления раскрытия трещин в нагнетательных скважинах;
- определения профиля отдачи (приёмистости);
- выявления работающих и обводняемых интервалов;

- изучения технического состояния эксплуатационной колонны и затрубного пространства;
- оценки текущего характера насыщения разрабатываемых пластов;
- уточнения интервалов перфорации.

В настоящее время в ПАО НК «Роснефть» утверждены «Методические указания по промыслово-геофизическим и гидродинамическим исследованиям скважин и пластов при контроле разработки нефтегазовых месторождений компании», в которых описаны технологические схемы проведения ГИС и ГДИС (гидродинамические исследования скважин). В соответствии с требованиями комплексного контроля за разработкой нефтяных месторождений для применения на Хасырейском месторождении необходимо рекомендовать следующие промыслово-геофизические методы:

- гидродинамическая дебитометрия (расходомерия) и индикация притока жидкости в ствол скважины (СТД-2);
- термометрия (ТДА, ТЭГ-36, СТЛ-26 и др.);
- плотностнометрия, влагометрия, резистивиметрия;
- импульсный нейтрон-нейтронный метод (ИННК);
- радиоактивные методы (НКТ, ГК) совместно с магнитным локатором муфт;
- манометрия (Микон 107, ИМСП 11).

При эксплуатации добывающих скважин механизированным способом независимо от вида насоса промыслово-геофизические исследования проводятся после подъёма насоса.

Для определения источника обводнения скважин с высокой обводнённостью необходимо провести ПГИ.

Основной задачей, решаемой методами ГИС в нагнетательных скважинах, является количественное определение расхода нагнетательной воды в целом по скважине и по каждому интервалу перфорации. Основной комплекс ГИС нагнетательных скважин должен включать расходомерию, термометрию, локацию муфт, гамма-метод (нейтронный метод – ННКТ).

В качестве дополнительных методов ГИС, позволяющих уточнить интервалы поглощения нагнетаемой воды и определиться с затрубными перетоками воды в соседние неперфорированные проницаемые интервалы, может быть использована закачка меченой жидкости – селитры (аммиачной, натриевой или калийной, фосфата натрия и тиомочевины и др.). Для условий Хасырейского месторождения наиболее целесообразна закачка карбамида, роданистого аммония, флуоресцеина натрия. Интервалы поглощения воды в этом случае определяются по замерам нейтрон-нейтронным методом (ННКТ).

Ежегодный охват исследованиями нагнетательных скважин должен составлять 100 % действующего фонда. С учётом сложности геологического строения Хасырейского месторождения, повсеместным развитием заколонных перетоков, продвижения закачиваемой воды по трещинам, являющимся основными причинами обводнения продукции, рекомендуется:

- усилить требования к планированию и количеству проведения ПГИ;
- планировать исследование всех скважин на этапе освоения, до и после проведения ОПЗ, ГРП, РИР;
- планировать проведение исследований длительно простаивающих скважин в квазистационарном режиме.

По наблюдательным скважинам предусматриваются систематические определения пластового давления и температуры, периодический контроль степени выработки вышележащих пластов.

Поскольку в нефтяном и газовом коллекторе водородосодержание отличается, то по данным импульсного нейтронного метода (ИНМ) может быть выделено положение ГНК.

#### *Изучение физико-химических свойств нефти, газа и воды*

Для уточнения ФХС и компонентного состава нефти достаточно проведение отбора и исследований устьевых проб.

Месторождение характеризуется наличием газовых шапок, что в силу термодинамического равновесия обуславливает равенство значений пластового давления и давления насыщения на границе газонефтяного контакта.

Целевые горизонты: S<sub>2gr</sub>

Тип флюида: нефть

Условия пробоотбора: отбираются параллельно 3 пробы с необходимым контролем давления/температуры в точке отбора. Перед спуском пробоотборника необходимо провести ПГИ на определение профиля (интервала) притока.

Программа исследования:

- типовой комплекс PVT-исследований глубинных проб нефти и газа (однократное и дифференциальное разгазирование/конденсация) включает определение компонентного состава до C<sub>45+</sub>;

- специальный комплекс (изотермический) однократного и дифференциального разгазирования/конденсации;

- исследование сепарированных нефтей должно проводиться на разгазированных образцах глубинных проб;

- исследования на АСПО.

Супервайзинг: обязательно. Рассмотреть возможность сохранения части проб для проведения контрольного анализа.

Отбор и анализ проб попутно добываемой воды производится с целью определения химического состава пластовой воды для осуществления гидрохимического контроля за работой скважин, доли воды ППД в продукции и своевременном планировании потокоотклоняющих мероприятий. Отбор проб из попутно добываемой воды рекомендуется проводить один раз в квартал. Отбор и анализ с целью определения и контроля химического состава закачиваемой воды, а также корректной интерпретации электрических методов каротажа новых скважин рекомендуется проводить раз в квартал.

В таблице 10 приведены данные по изучению физико-химических свойств пластовых флюидов по программе доработки месторождения.

**Таблица 10** – Изучение физико-химических свойств пластовых флюидов

№№ п/п	Вид и цель работ	Объём работ	Исполнитель
1	Исследование поверхностных проб нефтей с целью изучения компонентного состава, в том числе по специальной программе изучения АСПО и состава парафинов	10 проб из разных скважин	ООО «НК «Роснефть» – НТЦ» ГУП РК ТП НИЦ ООО «РН - УфаНИПИнефть»
2	Отбор и анализ пластовых нефтей по стандарту ОСТ 153-39.2-048-2003 (комплекс А и Б)	10 проб из разных скважин	ООО «НК «Роснефть» – НТЦ» ГУП РК ТП НИЦ ООО «РН - УфаНИПИнефть»

В таблице 11 приведены данные по программе обоснования методов интенсификации работы скважин и добычи нефти.

**Таблица 11** – Обоснование методов интенсификации работы скважин и добычи нефти

№№ п/п	Вид и цель работ	Объём работ	Исполнитель
1	Опытно-промышленные испытания разработанных систем повышенной вязкости	2 скважино-операции	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - УфаНИПИнефть»
2	Опробование различных технологий селективной изоляции водопритокв	1 скважина	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - УфаНИПИнефть»

В таблице 12 приведены данные по работе совершенствования технологии добычи нефти и закачки воды по программе доразведки месторождения, а также работы по оптимизации систем сбора и подготовки нефти и поддержания пластового давления.

**Таблица 12** – Работа оптимизации системы сбора и подготовки скважинной продукции месторождения по программе доразведки

№№ n/n	Вид и цель работ	Объём работ	Исполнитель
Совершенствование технологии добычи нефти и закачки воды			
1	Анализ работы механизированного фонда скважин. Изучение особенностей использования различных типов насосов и рекомендации по их применению	весь механизированный фонд	ООО «НК «Роснефть» – НТЦ»
Оптимизация систем сбора и подготовки нефти и поддержания пластового давления			
2	Оценка скорости коррозии сборных и межпромысловых трубопроводов		ООО «НК «Роснефть» – НТЦ»
3	Проведение испытаний по применению реагентов комплексного воздействия – ингибиторов коррозии		ООО «НК «Роснефть» – НТЦ»

В таблице 13 приведены данные по строительству скважин по программе доразведки месторождения.

**Таблица 13** – Программа строительства скважин

№№ n/n	Вид и цель работ	Объём работ	Исполнитель
1	Исследование на кернах степени воздействия на коллектор фильтратов различных по рецептуре буровых растворов и фильтрата цементного раствора	25–30 представительных образцов	ООО «НК «Роснефть» – НТЦ»
2	Испытание различных технологий вторичного вскрытия, различных перфорационных жидкостей и перфораторов	10 % фонда	ООО «НК «Роснефть» – НТЦ» Уф ООО «РН – Бурение»
3	Проведение контроля совершенства вскрытия продуктивных пластов гидродинамическими и геофизическими методами	в каждой скважине	ООО «НК «Роснефть» – НТЦ» ОАО «Коминьфтегеофизика»

Как итог в таблице 14 приведены данные по контролю за разработкой месторождения по программе доразведки Хасырейского нефтегазового месторождения.

С точки зрения текущей геолого-геофизической изученности можно сделать следующий вывод: в результате проведённых работ изучено и уточнено структурно-тектоническое строение всех трёх месторождений по отложениям ордовикско-юрского возраста. Выполнены структурные построения по продуктивным пластам месторождений; проведён анализ кинематических и динамических характеристик сейсмической записи с целью выявления зон распространения пород с улучшенными коллекторскими свойствами и оптимизации заложения эксплуатационных скважин.

Таблица 14 – Контроль за разработкой месторождения по программе доразведки

№№ п/п	Вид и цель работ	Объём работ	Исполнитель
1	Исследование добывающих скважин на различных установившихся режимах, в том числе при забойных давлениях ниже давления насыщения, с целью определения коэффициентов продуктивности, их динамики, оптимизации режимов работы скважин	весь фонд	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - Северная нефть»
2	Исследование нагнетательных скважин на различных режимах с целью определения коэффициентов приемистости, их динамики, оптимизации давления нагнетания	весь фонд	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - Северная нефть»
3	Исследование добывающих и нагнетательных скважин методом восстановления (падения) давления для оценки состояния ПЗП, выбора скважин для ГТМ, оценки эффективности последних	весь фонд	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - Северная нефть»
4	Мониторинг пластовых и забойных давлений	ежемесячно	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - Северная нефть»
5	Уточнение расчётных методов определения забойных и пластовых давлений в скважинах, оборудованных ЭЦН, по динамическим и статическим уровням	10 % механизированного фонда	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ»
6	Проведение комплексных промыслово-геофизических исследований скважин для установления профилей притока и поглощения жидкости, мест поступления нефти и воды, оценки текущей и остаточной нефтенасыщенности пород, динамики ВНК, эффективности ГТМ	50 % действующего ежегодного фонда	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ОАО «Коминнефтегеофизика»
6.1	Определение профиля притока и характера отдаваемой жидкости, интервалов с разгазированием в добывающих скважинах	100 %	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ОАО «Коминнефтегеофизика»
6.2	Определение профиля приёмистости в нагнетательных скважинах	100 % 1 раз в год	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ОАО «Коминнефтегеофизика»
6.3	Определение мест негерметичности эксплуатационных колонн и заколонного простроства	100 % 1 раз в год	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ОАО «Коминнефтегеофизика»
6.4	Уточнение местоположения интервалов перфорации	при необходимости	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ОАО «Коминнефтегеофизика»
7	Определение текущего насыщения продуктивных пластов – локализация интервалов вторичной газонасыщенности	100 % весь фонд	ОАО «НК «Роснефть»» ОАО «Коминнефтегеофизика»
8	Проведение исследований с индикаторами для оценки скорости и направления движения закачиваемой воды	по вновь бурящимся скважинам разовые исследования по специальному плану	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «Тюменьнефтегеофизика»
9	Оборудование механизированных скважин глубинными регистрирующими приборами для регулярного проведения исследований	по мере перевода скважин на механизированный способ эксплуатации	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - Северная нефть»
10	Регулярные замеры и определения дебитов добывающих и нагнетательных скважин, обводненности продукции, устьевых и забойных давлений и температур, мониторинг газовых факторов	по всем действующим скважинам	ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» ООО «РН - Северная нефть»



## Литература

1. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
2. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
3. Ехлаков Ю.А., Горбачёв В.И., Карасёва Т.В. Геологическое строение и нефтегазоносность глубокозалегающих отложений Тимано-Печорской нефтегазональной провинции (по результатам исследования Тимано-Печорской глубокой опорной и Колвинской параметрической скважин). – Пермь : Издательство «Звезда», 2000. – 329 с.
4. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 274 с.
5. Ладенко А.А., Савенок О.В. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
6. Поиски, разведка и эксплуатация месторождений нефти и газа: учебное пособие / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2015. – 322 с.
7. Геофизические исследования и работы в скважинах: учебное пособие / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2017. – 326 с.
8. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
9. Савенок О.В., Арутюнян А.С., Шальская С.В. Интерпретация результатов гидродинамических исследований: учебное пособие. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2017. – 203 с.
10. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
11. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
12. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
13. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учебное пособие. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
14. Амбарцумян Р.А., Саяхутдинов А.И. Роль промысловых исследований в процессе создания концептуальной модели карбонатного пласта на примере Хасырейского месторождения // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. – 2019. – № 7. – С. 141–142.
15. Аюпова Е.Н., Гарайшин А.И. Принципы последовательного структурного моделирования для определения кровли коллекторов // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 1. – С. 57–59.
16. Беляева Г.Л., Карасёва Т.В., Кузнецова Е.А. Геологическое строение и нефтегазоносность глубокопогруженных отложений Тимано-Печорской НГП // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – № 7. – С. 33–40.
17. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений / Д.А. Березовский [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33–50.
18. Березовский Д.А., Савенок О.В., Кусов Г.В. Закономерности и изменения свойств нефти и газа в залежах и месторождениях // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 1. – С. 114–119.
19. Гайсин М.Р., Фоломеев А.Е., Макатров А.К. Определение смачиваемости керн месторождений Вала Гамбурцева различными методами // Территория Нефтегаз. – 2011. – № 4. – С. 46–53.
20. Клейменов И.В. Геологическое обоснование перспектив применения термогазового воздействия на Хасырейском месторождении Вала Гамбурцева // Наука и техника в газовой промышленности. – 2015. – № 3 (63). – С. 12–16.
21. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Анализ технологии вскрытия продуктивных пластов и освоения скважин Хасырейского месторождения // Материалы III Международной научно-практической конференции «Научный потенциал вуза – производству и образованию», посвящённой 75-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. (4–5 декабря 2020 года, г. Армавир).
22. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Анализ результатов проведения очистки призабойной зоны солянокислотным раствором на добывающих скважинах Хасырейского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 292–305.
23. Савенок О.В., Демченко А.В. Построение цифровых моделей Георгиевского месторождения с целью анализа текущей выработки запасов нефти и обоснования мероприятий по

- достижению проектного коэффициента нефтеизвлечения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 3. – С. 28–42.
24. Савенок О.В., Кусова Л.Г. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования, 2018. – № 03 (6). – С. 97–120. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
  25. Тычинкина И.В. Опыт построения геолого-геофизической модели в районе вала Гамбурцева // Геофизика. – 2006. – № 5. – С. 87–92.
  26. Создание технологической модели трещиноватых карбонатных коллекторов на примере Хасырейского месторождения Вала Гамбурцева / Е.А. Шатунова [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 11. – С. 46–48.
  27. Свалов А.М., Григулецкий В.Г. Патент РФ № 2579039. Способ разработки низкопроницаемых нефтегазовых пластов. Дата подачи заявки: 24.04.2015. Дата публикации патента: 27.03.2016. Патентообладатели: Свалов А.М., Григулецкий В.Г.

## References

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremiichuk R.S. Scientific basis and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
2. Plast-testing equipment for hydrodynamic research of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Printing Works, 2004. – 620 p.
3. Ekhlakov Y.A., Gorbachev V.I., Karasyova T.V. Geological structure and oil and gas content of deep deposits of the Timan-Pechora oil and gas province (based on the results of research of the Timan-Pechora deep reference and Kolvinsky parametric wells). – Perm : Zvezda Publishing House, 2000. – 329 p.
4. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Fundamentals of geophysical research during construction and operation of wells in oil and gas fields. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 274 p.
5. Ladenko A.A., Savenok O.V. Theoretical bases of oil and gas fields development. – M. : Infra-Engineering, 2020. – 244 p.
6. Search, exploration and exploitation of oil and gas fields: a training manual / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : SRHPU (NPI), 2015. – 322 p.
7. Geophysical research and work in wells: a training manual / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2017. – 326 p.
8. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
9. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Shalskaya S.V. Interpretation of hydrodynamic research results: a training manual. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2017. – 203 p.
10. Savenok O.V., Kachmar Yu.D., Yaremiichuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.
11. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
12. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
13. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: a training manual. – Ukhta : Publishing House of Ukhta State Technical University, 2021.
14. Hambartsumyan R.A., Sayakhutdinov A.I. The role of field studies in the process of creating a conceptual model of carbonate reservoir by the example of Khasyreyskoye field // Geology, geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories. – 2019. – № 7. – P. 141–142.
15. Ayupova E.N., Garayshin A.I. Principles of sequential structural modeling for determination of reservoir roofs // Bulatov Readings. – 2020. – Vol. 1. – P. 57–59.
16. Belyaeva G.L., Karasyova T.V., Kuznetsova E.A. Geological structure and oil and gas content of deeply buried sediments of the Timan-Pechora OGP // Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields. – 2012. – № 7. – P. 33–40.
17. Technologies and principles of the development of multi-horizon fields / D.A. Berezovsky [et al.] // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy vestnik). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
18. Berezovsky D.A., Savenok O.V., Kusov G.V. Regularities and changes in the properties of oil and gas in reservoirs and fields // Bulatov Readings. – 2019. – Vol. 1. – P. 114–119.
19. Gaisin M.R., Folomeev A.E., Makatrov A.K. Determination of wettability of the core of the Gamburtsev Shaft fields by different methods // Terriya Neftegaz. – 2011. – № 4. – P. 46–53.
20. Kleimenov I.V. Geological substantiation of the prospects for application of thermal gas impact in the Khasyreyskoye field of Val Gamburtsev // Science and Technology in the Gas Industry. – 2015. – № 3 (63). – P. 12–16.

21. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Analysis of technology of productive formation penetration and well development of Khasyreyskoye field // Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference «Scientific Potential of Higher Education – Production and Education», dedicated to the 75th anniversary of the Soviet people's victory in the Great Patriotic War of 1941–1945. (December 4–5, 2020, Armavir).
22. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Analysis of the results of cleaning of bottomhole zone by hydrochloric acid solution in the producing wells of Khasyreyskoye field // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2021. – № 1. – P. 292–305.
23. Savenok O.V., Demchenko A.V. Construction of digital models of the Georgievskoye field in order to analyze the current oil production and justification of measures to achieve the design oil recovery factor // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 3. – P. 28–42.
24. Savenok O.V., Kusova L.G. Oil recovery and ways to increase it // Bulletin of Student Science Department of Information Systems and Programming, 2018. – № 03 (6). – P. 97–120. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
25. Tychinkina I.V. Experience of building a geological and geophysical model in the area of the Gamburtsev shaft // Geophysics. – 2006. – № 5. – P. 87–92.
26. Creation of technological model of fractured carbonate reservoirs by the example of Khasyreyskoye Vala Gamburtsev field / E.A. Shatunova [et al.] // Oil economy. – 2007. – № 11. – P. 46–48.
27. Svalov A.M., Griguletsky V.G. Russian patent № 2579039. Method of development of low-permeability oil and gas reservoirs. Date of application: April 24, 2015. Date of publication of the patent: March 27, 2016. Patent holders: Svalov A.M., Griguletsky V.G.

УДК 550.812

## АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ВОСТОЧНО-ЛАМБЕЙШОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



## ANALYSIS OF GEOLOGICAL AND FIELD INFORMATION OF THE VOSTOCHNO-LAMBEYSHORSKOYE FIELD

**Талеев Анатолий Евгеньевич**

студент направления подготовки 21.03.01  
«Нефтегазовое дело»,  
Ухтинский государственный технический университет  
taleev135@mail.ru

**Савенок Ольга Вадимовна**

доктор технических наук, профессор  
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и  
газовых месторождений и подземной гидромеханики,  
Ухтинский государственный технический университет  
olgasavenok@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведена геолого-физическая характеристика Восточно-Ламбейшорского месторождения, расположенного на территории Усинского района Республики Коми. Описываются общие сведения о месторождении, стратиграфическое и тектоническое строение месторождения и залежей, а также нефтегазоносность месторождения. Рассмотрена физико-гидродинамическая характеристика продуктивных пластов, свойства и состав пластовых флюидов.

**Ключевые слова:** геолого-физическая характеристика месторождения; общие сведения о месторождении; стратиграфия и тектоника месторождения; нефтегазоносность месторождения; физико-гидродинамическая характеристика продуктивных пластов; свойства и состав пластовых флюидов.

**Taleev Anatoly Evgenievich**

Student Training Direction 21.03.01  
«Oil and Gas Engineering»,  
Ukhta State Technical University  
taleev135@mail.ru

**Savenok Olga Vadimovna**

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Department of Development and  
Operation of Oil and Gas Fields and  
Underground Hydromechanics,  
Ukhta State Technical University  
olgasavenok@mail.ru

**Annotation.** The article presents the geological and physical characteristics of the Vostochno-Lambeishorskoye field located in the Usinsk region of the Komi Republic. General information about the field, the stratigraphic and tectonic structure of the field and deposits, as well as the oil and gas content of the field are described. Physical and hydrodynamic characteristics of productive formations, properties and composition of formation fluids are considered.

**Keywords:** geological and physical characteristics of the deposit; general information about the deposit; field stratigraphy and tectonics; oil and gas content of the field; physical and hydrodynamic characteristics of productive formations; properties and composition of formation fluids.

### Общие сведения о месторождении

**В** административном отношении Восточно-Ламбейшорское месторождение расположено на территории Усинского района Республики Коми (рис. 1). Административный центр г. Усинск находится в 115 км к юго-востоку. В 25–35 км к востоку находятся крупные разрабатываемые нефтяные месторождения Возейской группы (Возейское, Верхневозейское) и в 45 км к юго-востоку расположено Баяндыское нефтяное месторождение.

В географическом отношении Восточно-Ламбейшорское месторождение располагается в пределах северо-восточной части Печорской низменности в левобережном бассейне р. Лая, протекающей в 3 км западнее месторождения. Площадь работ располагается на поверхности водно-ледниковой равнины.

Местность представляет собой низменную волнистую, местами плоскую равнину.

Гидрографическая сеть принадлежит бассейну р. Лая (правый приток I порядка р. Печоры) и в пределах площади представлена р. Лысутейвис, р. Пыжшор и другими безымянными притоками I и II порядков, пересекающими район и имеющими извилистое русло. По гидрологическому районированию район работ относится к Нижнепечорскому округу, Нижнепечорскому правобережному району. Большинство рек вытекает из болот и озёр и имеет таёжный характер. Заболоченность плоских водоразделов до 40 %.

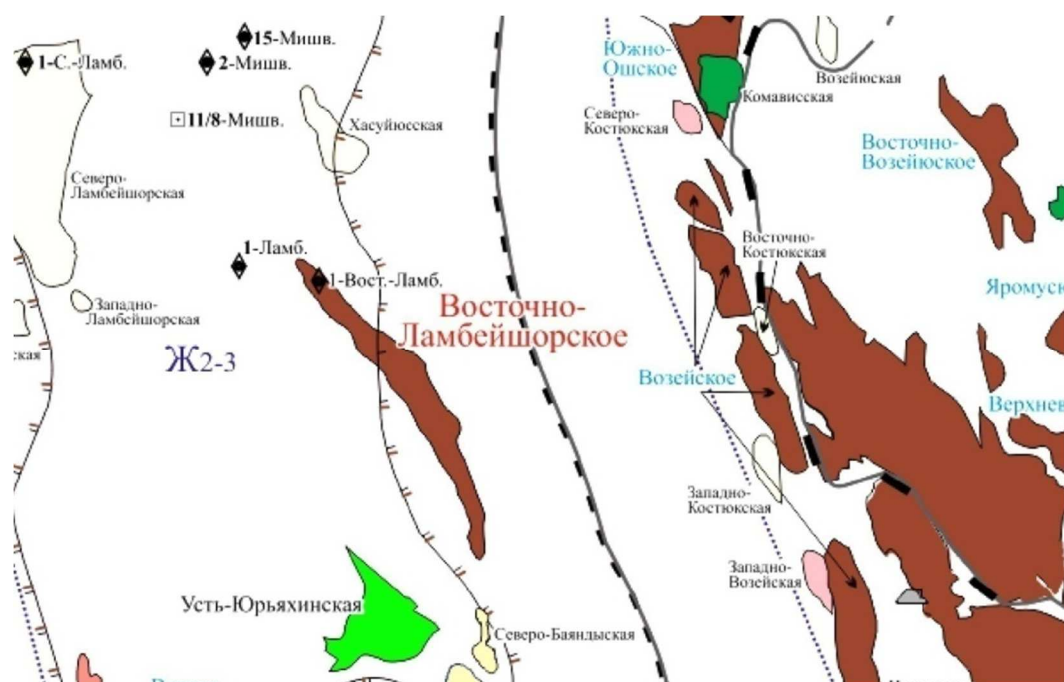


Рисунок 1 – Обзорная карта

### Стратиграфия

В геологическом строении месторождения принимают участие породы фундамента и осадочного чехла, представленные протерозойскими, палеозойскими, мезозойскими и четвертичными отложениями.

Верхнепротерозойский комплекс – PR<sub>2</sub>. Эффузивная толща состоит из сургучно-красных, розовых и зеленоватых риолитов и тёмно-малиновых фельзитов, серовато-зелёных кварцевых порфиров и альбитофиров. В них наблюдаются прослои туфов. Кровля протерозойских отложений, по сейсморазведочным данным, прогнозируется на Восточно-Ламбейшорской площади на глубинах 5,4–6,0 км.

**Ордовикская система** – O. Ордовикская система с угловым и стратиграфическим несогласием залегает на рифей-вендском фундаменте.

**Средний и верхний отделы** – O<sub>2-3</sub>. На большей части провинции средний отдел ордовика выделяется в объёме маломакарихинского горизонта карадокского яруса, а верхний – в объёме ашгиллского яруса. Последний подразделяется на устьзыбский, малотавротинский и салюкинский горизонты. В пределах рассматриваемой территории предполагается алеврито-глинисто-сульфатно-карбонатный состав среднего и верхнего ордовика. В средней части верхнего ордовика преобладают сероцветные и пестроцветные седиментационные доломиты и доломитовые мергели, с прослоями и включениями ангидритов, аргиллитов, алевролитов, с остатками гетеростраков и водорослей. Венчает разрез верхнего ордовика карбонатная пачка в объёме салюкинского горизонта, представленного вторичными доломитами. Доломиты серые, тонкозернистые, участками комковатые с бугристыми поверхностями наслоения, с остатками табулят, брахиопод, остракод, раковинным и неопределимым детритом. Салюкинский горизонт на Возейской площади трансгрессивно залегает на поверхности фундамента, его базальная часть представлена карбонатно-терригенными отложениями, участками красноцветными. Обломочная часть сложена кварцем. Толщина горизонта составляет от 54 до 82 м.

**Силурийская система** – S. Силурийские отложения залегают без видимого перерыва на верхнеордовикских и представлены двумя отделами: нижним и верхним. На рассматриваемой площади силурийские образования развиты повсеместно.

**Нижний отдел** – S<sub>1</sub>. В нижнем силуре ТПП выделяются региональные горизонты: джагалский и филиппъельский (пландоверийский ярус) и седъельский (венлокский + пландоверийский ярусы). На Восточно-Ламбейшорской площади нижнесилурийские

отложения выклиниваются к юго-западу от Северо-Кэрлайской структуры. В пределах Печоро-Колвинского авлакогена нерасчленённые джагалский и филиппьельский горизонты представлены массивной карбонатной толщей. Породы представлены вторичными доломитами. Доломиты коричневато-серые, тонко-мелкозернистые, участками перекристаллизованные до крупно-среднезернистых, неравномерно пористые, реже – кавернозно-пористые, с включениями эпигенетического сульфата и карбоната.

**Верхний отдел – S<sub>2</sub>.** Верхнесилурийские отложения залегают на нижнесилурийских и выделяются в объёме лудловского и пржидольского ярусов, которым соответствуют гердьюский и гребенской горизонты. Для разрезов верхнего силура характерно ритмичное переслаивание карбонатных и глинисто-карбонатных пластов. Мощные глинистые пласты немногочисленны, как и мощные пласты и пачки безглинистых известняков, доломитизированных известняков, доломитов. В карбонатных отложениях даже со значительной раковинной примесью преобладал микритовый материал, поэтому они обычно плотные, низкопористые. Толщина верхнего силура в районе Восточно-Ламбейшорской площади изменяется от 0 до 650 м.

**Девонская система – D.** Отложения девонской системы в пределах Денисовской впадины представлены нижним, средним и верхним отделами.

**Нижний отдел – D<sub>1</sub>.** Литологически отложения нижнего девона представлены терригенными образованиями и согласно залегают на верхнесилурийских образованиях. На Восточно-Ламбейшорской площади отложения нижнего девона отсутствуют и появляются севернее скважины № 1. Толщина отложений нижнего девона в пределах Мишваньской площади составляет 100–400 м.

**Средний отдел – D<sub>2</sub>.** Толщина отложений среднего девона – 40 м. Литологически разрез представлен чередованием песчано-алевролитовых пород с подчинёнными прослоями глинистых в кровле эйфельского яруса маломощных прослоев известняков.

В районе Восточно-Ламбейшорской площади среднедевонские отложения отсутствуют.

**Верхний отдел – D<sub>3</sub>.** Верхнедевонские, преимущественно карбонатные, отложения с размывом залегают на верхнесилурийских и нижнедевонских отложениях и со стратиграфическим несогласием перекрываются отложениями визейского яруса нижнего карбона. В составе отдела выделяются франкий и фаменский ярусы. Вскрытая толщина верхнедевонских отложений 797 м.

**Франкий ярус – D<sub>3f</sub>.** В составе яруса выделяются нижний, средний и верхний подъярусы.

**Нижнефранский подъярус – D<sub>3f1</sub>.** Нижнефранский подъярус, представленный в объёме джьерского и тиманского горизонтов. Джьерские осадки представлены терригенными отложениями с примесью туфогенного материала. Разрез имеет слоистое строение, отмечается ритмичное чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов. Толщина джьерских отложений в районе Командишор-Мишваньского участка меняется от 0 до 80 м.

Тиманские отложения представлены преимущественно аргиллитами, встречаются прослои алевролитов, тонкозернистых песчаников, отмечено появление прослоев известняков. Тиманские отложения на территории Денисовского прогиба распространены повсеместно.

**Среднефранский подъярус – D<sub>3f2</sub>.** Среднефранский подъярус, в нижней части разреза сложен отложениями саргаевского горизонта. Саргаевские отложения представлены глинисто-карбонатными породами – аргиллитами и известняками.

Депрессионные доманиковые отложения представлены глинисто-кремнисто-карбонатными породами с линзами силицитов и прослоями глинистых пород. Толщина доманиковых отложений меняется от 15 до 60 м.

Мелководно-шельфовые доманиковые отложения установлены в северной части Денисовского прогиба. Доманиковая рифовая зона в виде узкой полосы прослежена через Среднешапкинскую, Пашшорскую, Северо-Командишорскую и Среднехарьягинскую площади. В этой части на окраине мелководного шельфа рифовые фации представлены известняками сферово-сгустково-водораслевыми, пятнисто-доломитизированными, водораслевыми, водорослево-биогермными.

**Верхнефранский подъярус – D<sub>3</sub>f<sub>3</sub>.** Нерасчленённые верхнефранские отложения представлены в объёме ветласянского, сирачойского, евлановского и ливенского горизонтов (D<sub>3</sub>vt + src + ev + lv).

Ветласянские отложения сложены преимущественно аргиллитами неравномерно известковистыми и алевролитистыми, в нижней части преобладает примесь обломочного материала, в верхней части встречаются прослои глинистых известняков и мергелей.

Отложения сирачойского горизонта представляют собой известняки серые и желтовато-серые, микро- тонко- и мелкозернистые, неравномерно битуминозные, плотные, крепкие, с прослоями серых известковых глин, мергелей тёмно-серых с пиритом и чёрных битуминозных сланцев. Вскрытая толщина нерасчленённых верхнефранских отложений 230 м.

**Фаменский ярус – D<sub>3</sub>fm.** В пределах месторождения в составе яруса выделяется только нижний подъярус; средне- и верхнефаменские отложения полностью уничтожены предвизейским региональным размывом.

**Нижнефаменский подъярус D<sub>3</sub>fm<sub>1</sub>** представлен в объёме задонского (D<sub>3</sub>zd) и елецкого (D<sub>3</sub>el) горизонтов. На Восточно-Ламбейшорском месторождении толщина нижнефаменских отложений составляет 540–567 м.

Отложения задонского горизонта на исследуемой территории представлены преимущественно мелководно-шельфовыми, в том числе рифовыми фациями. В рифогенных отложениях задонского возраста в Денисовской впадине установлены залежи нефти.

На Восточно-Ламбейшорском месторождении отложения задонского горизонта представлены известняковой и доломитовой пачками. Известняки микробиально-детритовые (сферово-узорчатые), серые до тёмно-серых, неравномерно доломитизированные, слабо сульфатизированные, трещиноватые, стилолитизированные, кавернозно-пористые, нефтенасыщенные. Органогенные остатки немногочисленны, представлены раковинным детритом.

Доломиты вторичные, серые, тёмно-серые до чёрного, участками с коричневатым оттенком, неравномерно известковистые, участками трещиноватые, неравномерно кавернозно-пористые, крепкие, нефтенасыщенные. Толщина отложений задонского горизонта 194–231 м.

Отложения елецкого горизонта на изучаемой территории представлены известняками тёмно-серыми, тёмно-коричневыми, тонко-мелкозернистыми, плотными, с глинистыми прослоями. Толщина горизонта 340 м.

**Каменноугольная система – C.** В составе системы выделяются все три отдела: нижний, средний и верхний, общей толщиной 666–775 м.

**Нижний отдел – C<sub>1</sub>.** Нижнекаменноугольные отложения с размывом залегают на верхнедевонских известняках и представлены визейским и серпуховским ярусами, общей толщиной 356–380 м. Отложения турнейского яруса уничтожены предвизейским региональным размывом.

**Визейский ярус C<sub>1</sub>v** представлен верхневизейским подъярусом в объёме окского надгоризонта, в котором выделяются тульский (C<sub>1</sub>tl), нерасчленённые алексинский, михайловский и веневский горизонты (C<sub>1</sub>al + mh + vn).

**Верхневизейский подъярус – C<sub>1</sub>v<sub>3</sub>.** Породы окского надгоризонта, трансгрессивно залегающие на размытой поверхности фаменских отложений. Нижняя часть надгоризонта (тульский горизонт) сложена серыми, тёмно-серыми известняками, детритовыми, тонкозернистыми, скрытокристаллическими, неравномерно глинистыми и доломитизированными, в основании переходящими в мергель и аргиллит.

Нерасчленённая толща алексинского, михайловского и веневского горизонтов представлена ритмичным чередованием известняков и доломитов с тонкими прослоями аргиллитов. Общая толщина визейского яруса составляет 124–132 м.

**Серпуховский ярус – C<sub>1</sub>s.** Серпуховский ярус представлен нижним и верхним подъярусами, общей толщиной 232–248 м.

**Нижнесерпуховский подъярус – C<sub>1</sub>s<sub>1</sub>.** В составе подъяруса выделяется заборьевский надгоризонт (C<sub>1</sub>zb) толщиной 148 м, в объёме тарусского (C<sub>1</sub>tr) и стешевского (C<sub>1</sub>st) горизонтов.

Нижняя часть нижнесерпуховского подъяруса представлена известково-доломитовыми отложениями с глинистыми прослоями. Доломиты серые, буровато-серые, мелко-тонкозернистые, сульфатизированные, прослоями глинистые, плотные, крепкие, иногда с тонкими пропластками светло-серых ангидритов и мергелей. Известняки серые, со слабым буроватым оттенком, скрыто-мелкозернистые, прослоями органично-детритовые, глинистые. Толщина нижней части нижнесерпуховских отложений составляет 48–50 м.

Верхняя часть нижнесерпуховского подъяруса представлена карбонатно-сульфатной пачкой, сложенной преимущественно ангидритами, с прослоями доломитов, реже известняков. Ангидриты серые, светло-серые, белые с голубоватым и желтоватым оттенками. Доломиты серые, буровато-серые, мелко-тонкозернистые, слабо известковистые, выщелоченные, пористые. Общая толщина нижнесерпуховских отложений 150 м.

**Верхнесерпуховский подъярус – C<sub>1</sub>s<sub>2</sub>.** Отложения подъяруса представлены старобешевским надгоризонтом (C<sub>1</sub>sb) в объёме протвинского (C<sub>1</sub>pr) горизонта. Сложен подъярус преимущественно известняками, переходящими вверх по разрезу в доломиты и маломощными прослоями глин в основании подъяруса. Толщина отложений верхнесерпуховского подъяруса составляет 84–90 м.

**Средний отдел – C<sub>2</sub>.** Средний карбон на исследуемой площади развит в объёме башкирского и московского ярусов. Толщина отложений среднего отдела изменяется от 224 м до 307 м.

**Башкирский ярус – C<sub>2</sub>b.** Отложения башкирского яруса со стратиграфическим несогласием залегают на карбонатных образованиях верхнесерпуховского подъяруса. Ярус представлен карбонатными породами: известняками, реже доломитами, с подчинёнными прослоями аргиллитов. Толщина отложений 100 м.

**Московский ярус – C<sub>2</sub>m.** Отложения московского яруса на исследуемой площади присутствуют в объёме нижнего и верхнего подъярусов. Отложения представлены известняками от светло-серых до тёмно-серых с буроватым оттенком, разнозернистыми, водорослевыми, прослоями органично-детритовыми, неравномерно доломитизированными, с чёрными пятнами пирита, с прослоями аргиллита. Толщина отложений яруса 130–207 м.

**Верхний отдел – C<sub>3</sub>.** Отложения верхнего отдела каменноугольной системы выделяются в объёме нерасчленённых касимовского и гжельского ярусов. Они согласно залегают на известняках московского яруса и сложены преимущественно известняками сероцветными, детритовыми и скрытокристаллическими, слабо доломитизированными, неравномерно перекристаллизованными, местами окремнёнными, в разной степени глинистыми и трещиноватыми. Толщина отложений верхнего карбона составляет 82–88 м.

**Пермская система – P.** Отложения пермской системы представлены в объёме нижнего и верхнего отделов и согласно залегают на верхнекаменноугольных отложениях. Толщина пермских отложений 99–105 м.

В составе **нижнего отдела перми P<sub>1</sub>**, представленного морскими карбонатными и карбонатно-терригенными отложениями, выделены ассельский, сакмарский, артинский и кунгурский ярусы, общей толщиной 433–442 м.

**Ассельский + сакмарский ярусы – P<sub>1</sub>a+s.** На рассматриваемой территории ассельский ярус имеет повсеместное распространение. Крупные органические постройки представлены известняками биогермными, водорослево-фораминиферовыми, иногда мелкодетритовыми. Известняки серые, светло-серые, массивные, неравномерно доломитизированные, пористо-кавернозные и плотные. Каркасообразующими строителями преимущественно являются сине-зелёные водоросли. Толщина нерасчленённых ассельско-сакмарских отложений изменяется от 187 до 272 м.

**Артинский ярус P<sub>1</sub>aг** выделяется в объёме ниже- и верхнеартинского подъярусов. Нижнеартинский подъярус сложен детритовыми известняками в различной степени глинистыми и кремнистыми, сложенными мелким детритом губок, мшанок, брахиопод, реже фораминифер, криноидей и остракод. Присутствуют карбонатно-алевритисто-глинистые породы, серые, кварцево-полевошпатового состава, с известковым цементом, с примесью дисперсного глинистого и кремнистого материала.



Верхнеартинский подъярус сложен известняками с прослоями смешанных карбонатно-алевроитовых пород и алевролитов. Известняки серые детритовые с мшанками, водорослями, с включениями фауны, неравномерно перекристаллизованные, глинистые. Карбонатно-алевроитовые породы серые, неравномерно глинистые, участками песчанистые с переходами в алевроитовые, кварцево-полевошпатового состава, с переходами в алевроитовые, неравномерно окремнённые разности известняков. Толщина 90–158 м.

**Кунгурский ярус  $P_{1k}$**  в пределах изучаемого участка имеет повсеместное распространение и согласно залегает на артинских отложениях. По литологическому составу он подразделяется на две пачки. Нижняя, карбонатно-алевроитовая, сложена известковыми алевролитами и аргиллитами с прослоями песчаников и известняков, с остатками морской фауны. Верхняя, алевроитово-глинистая, представлена толщей глин с редкими прослоями алевролитов и песчаников. Толщина яруса 76–97 м.

**Верхний отдел –  $P_2$** . В составе отдела выделяются уфимский ( $P_{2u}$ ) и нерасчленённые казанский и татарский ярусы ( $P_{2kz+t}$ ). Толщина отложений 560 м.

**Уфимский ярус –  $P_{2u}$** . Отложения яруса по литологическому составу делятся на две толщи. Нижняя толща представлена сероцветными песчано-алевроитово-глинистыми отложениями. Верхняя толща представлена красноцветными песчано-глинистыми континентальными отложениями с преобладанием глинистых пород. Толщина уфимского яруса 348–365 м.

**Казанский + татарский ярусы –  $P_{2kz+t}$** . Отложения представляют собой толщу неравномерного переслаивания глин, алевролитов и песчаников. Глины тёмно-серые, светло-серые и коричневатые-серые, неравномерно алевролитовые. Алевролиты серые, зеленоватые-серые, полимиктовые. Песчаники серые, полимиктовые, мелко-среднезернистые, прослоями алевроитистые, глинистые. Толщина казанско-татарских отложений изменяется от 195 м до 214 м.

**Мезозойские отложения  $Mz$**  залегают с размывом на породах верхнепермского возраста и представлены триасовой, юрской и меловой системами.

**Триасовая система –  $T$** . В составе системы выделяются все три отдела: нижний, средний и верхний, общей толщиной 770–795 м.

**Нижний отдел –  $T_1$** . Отложения отдела включают в себя чаркабожскую и харалейскую свиты, общей толщиной 412–426 м.

Основная толща свиты в объёме нижнечаркабожской ( $T_{1cb_1}$ ) и верхнечаркабожской ( $T_{1cb_2}$ ) подсвит представлена циклически переслаивающимися сероцветными глинистыми, разномызернистыми песчаниками, красноцветными глинами и алевролитами. Для толщи характерно наличие песчано-карбонатных конкреций. Толщина отложений 360 м.

**Отложения харалейской свиты** представлены переслаиванием глин, песчаников и алевролитов. Доминирующее положение занимают глины шоколадно- и красно-коричневые. Алевролиты красно-бурые, глинистые. В подошве залегают песчаники зеленоватые-серые, глинистые, слюдяные, разномызернистые, с окатышами глин, гравием кремня. Толщина свиты 58–60 м.

**Нижний отдел –  $T_{2,3}$** . Отложения среднего и верхнего отделов включают в себя ангуранскую и нарьянмарскую свиты, толщиной 353–369 м.

**Отложения ангуранской свиты** залегают на подстилающих нижнетриасовых отложениях без существенных перерывов и сложены ритмичным чередованием пачек песчаников и песчано-алевроитово-глинистых пород. Глина пестроцветная, неравномерно алевроитистая, со сферолитами сидерита. Песчаники и алевролиты серые, полимиктовые, глинистые, слюдяные. Толщина отложений 132–158 м.

**Отложения нарьянмарской свиты** представлены ритмичным переслаиванием мощных пластов песчаников с пластами песчано-алевроитово-глинистых пород. Песчаники серые, полимиктовые, мелко-среднезернистые, глинистые. Алевролиты серые, неравномерно глинистые, слюдяные с мелкими сферолитами сидерита. Глина серая, алевроитистая, с растительным детритом. Толщина свиты составляет 203–226 м.

**Юрская система –  $J$** . Юрские отложения с размывом залегают на породах триаса и представлены нижним, средним и верхним отделами. Толщина отложений юрской системы 300 м.

**Нижний + средний отделы – J<sub>1</sub> + J<sub>2</sub>.** Нижнесреднеюрские отложения представлены светло-серыми олигомиктовыми песками и слабосцементированными песчаниками, в основном мелкозернистыми, слюдистыми. По всему разрезу встречаются прослои глины серой с многочисленными растительными остатками. Толщина отложений нижнего отдела составляет 30-36 м, среднего – 207–215 м.

**Верхний отдел юры J<sub>3</sub>** представлен в нижней части алевролитами зелено-серыми, глауконитовыми и глинами чёрными, отмученными, известковистыми с раковинами пелеципод, аммонитов, скафопод, с обугленной древесиной. В верхней части глина серая, тёмно-серая, неравномерно известковистая, алевритистая с пелециподами, белемнитами редкими аммонитами с обильным раковинным детритом. Толщина 53–55 м.

**Меловая система – K.** Отложения системы выделены в объёме нижнего отдела, сложенного морскими алеврито-глинистыми образованиями неокомского надъяруса и толщу олигомиктовых песков слюдистых, с растительным детритом, с конкрециями пирита, с прослоями глин континентального генезиса, относящихся к нерасчленённому аптскому-альбскому ярусам. Толщина меловых отложений 329–338 м.

**Четвертичная система – Q.** Четвертичная система с большим стратиграфическим несогласием перекрывает нижний мел и представлена переслаиванием песков, суглинков, супесей и глин с гравием, гальками и валунами различных осадочных и метаморфизованных пород толщиной до 190 м.

### **Тектоника**

В тектоническом отношении Восточно-Ламбейшорская структура расположена в юго-восточной части Лайского вала, в зоне сочленения с Верхнелайской депрессией. Лайский вал принадлежит Денисовскому прогибу, который, в свою очередь, входит в состав Печоро-Колвинского авлакогена.

По фундаменту Лайскому валу соответствует Лайско-Лодминское палеоподняtie, в основании которого предполагается крупный выступ гранитного состава.

Строение Лайского вала асимметрично: западное крыло вала крутое, граница его здесь приурочена к Лайско-Лодминскому глубинному разлому, отделяющему Лайский вал от Тибейвисской депрессии. Северо-восточное погружение Лайского вала в Верхнелайскую депрессию относительно пологое и постепенное. Переход Денисовской впадины к Колвинскому мегавалу приурочен к Западно-Колвинской системе разломов.

По осадочному чехлу Лайский вал сложен серией унаследованных от фундамента и вновь образовавшихся крупных кулисообразно расположенных структур: Лаявожская, Командиршорская, Южно-Командиршорская, Мишваньская, Восточно-Ламбейшорская, Верхнеамдермаельская, Восточно-Амдермаельская, Усть-Юрьяхинская и др.

Отражающий горизонт IIIzd\_reef контролирует кровлю задонского барьерного рифа и характеризуется ярко выраженной морфологией рельефа. Задонский барьерный риф тянется от Баяндынской площади с юга на север на Ламбейшорскую площадь. В пределах рассматриваемой площади риф ориентирован в северо-западном направлении. Исключением является северная часть площади, где простирается рифа изменяется на запад-северо-западное. К востоку от рифа выделяется глубоководный склон и развиты фации обломочного шлейфа.

Выше по разрезу структура сохраняет основные свои черты, выполаживаясь кверху. Перестройка структурного плана происходит в результате развития рифогенных ассельско-сакмарских отложений.

### **Нефтегазоносность**

Согласно нефтегазгеологическому районированию Восточно-Ламбейшорское месторождение относится к Лайско-Лодминскому нефтегазоносному району Печоро-Колвинской нефтегазоносной области.

Установленная нефтегазоносность в совокупности с особенностями геологического строения пород-коллекторов и покрышек позволяют описать в Лайско-Лодминском нефтегазоносном районе следующие нефтегазоносные комплексы:

- 1) верхнеордовикско-нижнедевонский карбонатный;
- 2) среднедевонско-нижнефранский терригенный;
- 3) доманиково-турнейский карбонатный;
- 4) верхневизейско-нижнепермский карбонатный.

Залежь нефти в рифогенных отложениях задонского горизонта нижнефаменского подъяруса верхнего девона Восточно-Ламбейшорского месторождения массивная, сводовая. Глубина залегания залежи 3598-3786 м. Установленный этаж нефтеносности 187 м.

Коэффициент гранулярности коллектора в среднем составил 0,46, расчленённости – 36.

Покрышкой для залежи служат глинисто-карбонатные отложения елецкого горизонта нижнефаменского подъяруса верхнего девона толщиной 200 м.

### **Физико-гидродинамическая характеристика продуктивных пластов**

Литологически разрез задонских отложений представлен переслаиванием известняков микробиально-детритовых (преобладают) и органогенно-детритовых, в различной степени доломитизированных, и доломитов вторичных, кристаллически-зернистых. Карбонаты неравномерные по плотности и крепости, стилолитизированные, неравномерно нефтенасыщенные.

Микроскопическое изучение позволило выделить следующие разновидности пород:

– известняки органогенно-детритовые (органогенно-водорослевые), неравномерно доломитизированные, частично перекристаллизованные и пиритизированные, с примесью глинистого материала. Текстура неяснослойчатая, слойчатая, пятнистая. Структура органогенно-детритовая, участками вторичная кристаллически-зернистая;

– известняки микробиально-детритовые (участками сферово-узурчатые) с вторичной сгустково-комковатой структурой, локально с вторичной обломочной структурой, с фрагментами фенестровых построек, участками в разной степени доломитизированные и перекристаллизованные, эпизодически, пиритизированные и с примесью ангидрита, стилолитизированные, трещиноватые, пористые, кавернозно-пористые, пористо-кавернозные, неравномерно пигментированные. Текстуры: пятнистая, узурчатая, неяснослойчатая, стилолитовая, трещиноватая, пористая, кавернозно-пористая, пористо-кавернозная. Структуры: микробиально-детритовая, вторичная сгустково-комковатая, участками сферово-узурчатая, изредка вторичная обломочная, эпизодически, кристаллически-зернистая;

– доломиты вторичные (крупно-среднезернистые, среднезернистые, мелко-среднезернистые, разнозернистые) с примесью пирита или ангидрита, иногда слабо окремнённые, трещиноватые, стилолитизированные, пористые, кавернозно-пористые, пористо-кавернозные, неравномерно пигментированные. Текстура пятнистая, пятнисто-слойчатая, трещиноватая, стилолитовая, пористая, кавернозно-пористая, пористо-кавернозная. Структура кристаллически-зернистая (крупно-среднезернистая, среднезернистая, мелко-среднезернистая, разнозернистая), в единичных случаях реликтовая органогенно-детритовая.

По результатам исследования керна были установлены следующие граничные значения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС): абсолютная газопроницаемость  $0,6 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> и соответствующая ей открытая пористость 3,6 % в пластовых условиях.

Пористость нефтенасыщенных пород-коллекторов залежи изменяется от 3,7 до 22,9 % и по 457 определениям составляет 8,6 % в пластовых условиях.

Газопроницаемость нефтенасыщенных пород-коллекторов в среднем по 431 определениям, составляет  $89,5 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Коэффициент анизотропии составляет 1,34, смачиваемость нефтенасыщенных пород-коллекторов меняется от 0,01 до 0,77.

В целом известняки являются гидрофобными, преимущественно гидрофобными или имеют промежуточную смачиваемость.

Среднее значение остаточной нефтенасыщенности по 104 образцам негерметизированного керна из нефтенасыщенной части залежи составляет 10,6 %.

Среднее значение остаточной водонасыщенности нефтенасыщенных пород-коллекторов, полученное методом капилляриметрии, по 134 образцам составляет 8,4 % при изменении от 1,4 до 28,4 %.

### Свойства и состав пластовых флюидов

Нефть в пластовых условиях характеризуется высоким газосодержанием 202,5 м<sup>3</sup>/т (по данным дифференциального разгазирования), плотностью 671,4 кг/м<sup>3</sup>, её динамическая вязкость 0,504 МПа · с. Среднее значение объёмного коэффициента пластовой нефти при пластовом давлении по данным дифференциального разгазирования равно 1,42. Среднее значение коэффициента сжимаемости составляет 21,4 · 10<sup>-4</sup> МПа<sup>-1</sup>. Давление насыщения нефти газом при пластовой температуре (Т<sub>пл</sub> = 92,2 °С) составляет 24,1 МПа, отношение Р<sub>нас</sub>/Р<sub>пл</sub> = 0,62.

Нефть в стандартных условиях особо легкая, плотностью по данным дифференциального разгазирования 821,8 кг/м<sup>3</sup>, малосмолистая (смола 3,0 % масс.), малоасфальтенистая (асфальтенов 0,23 % масс.), парафинистая (парафина 5,83 % масс.), малосернистая (серы 0,44 % масс.). Температура застывания нефти 2 °С, кинематическая вязкость, определенная при 20 °С, равна 5,16 мм<sup>2</sup>/с.

Растворённый в нефти газ по результатам дифференциального разгазирования представлен на 82,98 % по объёму углеводородами. Основной компонент газа – метан (65,26 % об.). Этан и пропан присутствуют в количествах (по объёму): 6,63 и 5,57 %.

Среднее содержание по глубинным пробам в газе сероводорода при стандартной сепарации составляет 7,65 % об., при дифференциальном разгазировании достигает 9,69 % об.

Растворённый в нефти газ характеризуется как жирный (по данным однократной сепарации), коэффициент жирности равен 29,73 ед., углекислый высокоагрессивный (диоксид углерода 1,4 % об.), высокосернистый (8,23 % об.), азотный (5,97 % об.), гелиеносный (0,04 % об.).

Абсолютная плотность газа по данным однократной сепарации составляет 1,03 кг/м<sup>3</sup>.

Растворённый газ относится к сероводородо-углеводородному типу.

Ввиду высокой концентрации сероводорода попутный газ по агрессивности относится к типу «В» высокоагрессивных флюидов, потому в период разработки месторождения необходима специальная технология и техника очистки, а также применение соответствующего антикоррозионного оборудования.

### Литература

1. Авторский надзор за реализацией Технологической схемы разработки Восточно-Ламбейшорского месторождения. – Ухта : Филиал «ПечорНИПИнефть», 2015. – 267 с.
2. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
3. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
4. Ладенко А.А., Савенок О.В. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
5. Ладенко А.А., Савенок О.В. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
6. Геофизические исследования и работы в скважинах: учебное пособие / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2017. – 326 с.
7. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
8. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
9. Савенок О.В., Качмар Ю.Д., Яремийчук Р.С. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
10. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
11. Аббасова С.В. О возможности применения горизонтальных скважин с целью повышения технологических процессов нефтегазодобычи // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 37–39.

12. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.
13. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В., Джозефс Эджемен Рэйчел. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33–50.
14. Березовский Д.А., Савенок О.В., Кусов Г.В. Закономерности и изменения свойств нефти и газа в залежах и месторождениях // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 1. – С. 114–119.
15. Галкин В.И., Колтырин А.Н. Вероятностная оценка влияния факторов на эффективность применения геолого-технических мероприятий // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 110–119.
16. Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Березовский Д.А. Экспериментальные исследования механизмов гидродинамической устойчивости песчаника // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельная статья (специальный выпуск). – М. : Издательство «Горная книга», 2014. – № 09. – 28 с.
17. Савенок О.В., Поварова Л.В., Скиба А.С. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 164–167.
18. Талеев А.Е., Савенок О.В. Анализ текущего состояния и мероприятия по контролю за разработкой Восточно-Ламбейшорского месторождения // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 253–260.

### References

1. Author's supervision over the implementation of the Technological development scheme of the Vostochno-Lambeysorskoye field. – Ukhta : Branch of PechorNIPIneft, 2015. – 267 p.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremichuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
3. Plast-testing equipment for hydrodynamic research of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Printing Works, 2004. – 620 p.
4. Ladenko A.A., Savenok O.V. Theoretical bases of oil and gas fields development. – M. : infra-engineering, 2020. – 244 p.
5. Ladenko A.A., Savenok O.V. Geophysical studies of wells in oil and gas fields. – M. : Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
6. Geophysical research and work in wells: a training manual / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2017. – 326 p.
7. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
8. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
9. Savenok O.V., Kachmar Y.D., Yaremichuk R.S. Oil and gas engineering in well development. – M. : Infra Engineering, 2019. – 548 p.
10. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: a monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
11. Abbasova S.V. On the possibility of using horizontal wells in order to improve technological processes of oil and gas production // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 37–39.
12. Berezovskiy D.A., Lavrent'ev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling in terms of establishing the conditions for the onset of production complication factors // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskij Vestnik). – 2014. – № 2. – P. 27–33.
13. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V., Josephs Edgemen Rachel. Technologies and principles of development of multi-horizon deposits // Science. Engineering. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
14. Berezovsky D.A., Savenok O.V., Kusov G.V. Regularities and changes in the properties of oil and gas in reservoirs and fields // Bulatov Readings. – 2019. – Vol. 1. – P. 114–119.
15. Galkin V.I., Koltyrin A.N. Probabilistic assessment of the impact of factors on the effectiveness of geological and technical measures // Bulatovkie readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 110–119.
16. Lavrent'ev A.V., Savenok O.V. Berezovsky D.A. Experimental studies of the mechanisms of hydrodynamic stability of sandstone // Mountain Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal). Separate article (special issue). – M. : Gornaya kniga Publishing House, 2014. – № 09. – 28 p.
17. Savenok O.V., Povarova L.V., Skiba A.S. Features of operation of producing wells in Western Siberia // Bulatov Readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 164–167.
18. Taleev A.E., Savenok O.V. Analysis of the current state and measures to control the development of the Vostochno-Lambeysorskoye field // Bulatovkie readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 253–260.



**ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**



**PEDAGOGICAL SCIENCES**





УДК 621.3.019

**РОЛЬ И МЕСТО СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ЛЁТНОГО СОСТАВА**



**THE ROLE AND PLACE OF MODERN TECHNOLOGIES  
IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF FLIGHT PERSONNEL**

**Божко Сергей Владимирович**

кандидат технических наук, профессор,  
профессор 105 кафедры,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Лагкуев Магомед Сарофилович**

старший преподаватель,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Сулейманов Курбан Малаевич**

преподаватель,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Терехов Владимир Валерьевич**

кандидат технических наук, доцент,  
заведующий 105 кафедры,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Аннотация.** В статье авторами исследуется вопрос обеспечения обучающихся авиационного вуза современными знаниями в области их профессиональной деятельности, а также на базе накопленных знаний и опыта формирования их профессионально важных качеств. Основными компонентами эффективного решения указанной задачи являются: личные качества преподавателя; личные качества обучающегося; технологии (методики) обучения. Авторами сделан вывод, что развитие авиационной техники и ускорение научно-технического прогресса требует не только глубокие теоретические знания, не только совершенствование методов и способов лётного обучения, но и твёрдые навыки, приобрести которых, становится невозможным без ТСО, особенно авиационных тренажёров различного назначения. Всё это, в свою очередь приводит к необходимости повышения эффективности образовательного процесса, прежде всего в области формирования профессиональных навыков и умений.

**Ключевые слова:** обучение, подготовка, лётный состав, методика обучения, умение, навыки, авиационный тренажер, тренажерная подготовка, образовательный процесс, инструктор, учебно-тренировочный комплекс.

**Bozhko Sergey Vladimirovich**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor Head of  
the 105 Department,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Lagkuev Magomed Sarofilovich**

Senior lecturer,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Suleymanov Kurban Malaevich**

Teacher,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Terekhov Vladimir Valerievich**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor Head of  
the 105 Department,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Annotation.** In the article, the authors investigate the issue of providing students of the aviation university with modern knowledge in the field of their professional activities, as well as on the basis of accumulated knowledge and experience in the formation of their professionally important qualities. The main components of an effective solution to this problem are: personal qualities of the teacher; personal qualities of the student; technologies (methods) of training. The authors conclude that the development of aviation technology and the acceleration of scientific and technological progress requires not only deep theoretical knowledge, not only the improvement of methods and methods of flight training, but also solid skills, which become impossible to acquire without TSO, especially aviation simulators for various purposes. All this, in turn, leads to the need to improve the effectiveness of the educational process, primarily in the field of the formation of professional skills and abilities.

**Keywords:** training, training, flight personnel, training methodology, skill, skills, aviation simulator, simulator training, educational process, instructor, training complex.

**Н**а всех этапах развития военной авиации в зависимости от требований к уровню образования и профессиональной подготовки лётного состава менялись цели, содержание образовательного процесса, его организация, методы и средства обучения [1], [2]. В условиях современного этапа научно-технического прогресса выдвигаются новые требования к содержанию, формам, методам и средствам обучения.

Одной из главных задач образовательных учреждений ВКС является обеспечение обучающихся современными знаниями в области их профессиональной деятельности, а также на базе накопленных знаний и опыта формирование их профессионально важных качеств (ПВК). Основными компонентами эффективного решения указанной задачи являются: личные качества преподавателя; личные качества обучающегося; технологии (методики) обучения.

Любая методика обучения требует передачи некоторой новой информации от обучающего (преподаватель, мастер производственного обучения, инструктор) обучающемуся (курсанту). От правильного выбора способа, метода, приема обучения зависит информационная нагрузка на обучаемого. Исходя из физиологических особенностей, до 90 процентов информации человек воспринимает через зрительные органы восприятия. Учитывая физиологические особенности человеческого организма и в соответствии одному из основополагающих способов обучения, предполагающего последовательность обучения в высшей школе «рассказ-показ-запись», для повышения эффективности образовательного процесса преподаватель в обязательном порядке вынужден использовать различного рода технические средства обучения (ТСО), особенно при изучении правил эксплуатации сложных динамических авиационных систем и процессов [1], [2].

***Современная педагогическая наука определяет ТСО как средства, комплексы и аппаратура с методическим и программным обеспечением, применяемые в образовательном процессе для предъявления и обработки информации с целью повышения эффективности усвоения обучающимися знаний, умений и навыков.***

Основными дидактическими возможностями ТСО, позволяющими повысить эффективность образовательного процесса курсантов лётных вузов являются [3], [4]:

- возможность рационализации различных форм преподнесения учебной информации, и на этой основе увеличить доступность материала и информационную нагрузку при проведении занятий, экономить учебное время, ускорить темп обучения;
- возможность повысить степень наглядности, конкретизировать новые понятия, явления и события;
- возможность упрощения процесса восприятия материала обучающимися, отвечать их запросам и удовлетворять любознательность;
- возможность активизации познавательной деятельности обучающихся и способствовать развитию их мышления, наблюдательности и пространственного воображения;
- возможность формирования эмоционального отношения курсантов к образовательному процессу и способствовать усилению их мотивации к освоению выбранной профессии;
- возможность формировать профессионально важные качества, навыки и умения при минимальных расходах при полном обеспечении безопасности жизнедеятельности.

Исходя из предназначения и дидактических возможностей, ТСО применяемые в образовательном процессе подготовки офицеров лётных специальностей классифицируются по видам обучения, т.е. применяемые в ходе теоретического и лётного обучения (см. рис. 1).

Для проведения теоретического обучения в ВУЗе создаётся учебно-материальная база, основу которой составляют специализированные классы оснащённые ТСО [5], [6]. При этом, в зависимости от оснащения, специализированные классы подразделяются на классы с традиционными ТСО (плакаты, макеты, механические тренажёры, модели, электродинамические стенды и т.д.), и на классы с ТСО на базе электронно-вычислительной техники оснащённые средствами мультимедийного сопровождения образовательного процесса.

Для ТСО, применяемых в настоящее время в области педагогики, *не в полной мере* определены роль, место, основные принципы и методические положения по использованию таких ТСО, как процедурные и комплексные авиационные тренажёры в ходе лётного обучения курсантов и слушателей в ВУЗах ВКС РФ, особенно в процессе первоначального лётного обучения [3], [7].

Функциональная система применения ТСО в образовательном процессе подготовки по лётным специальностям в ВУЗе ВКС РФ

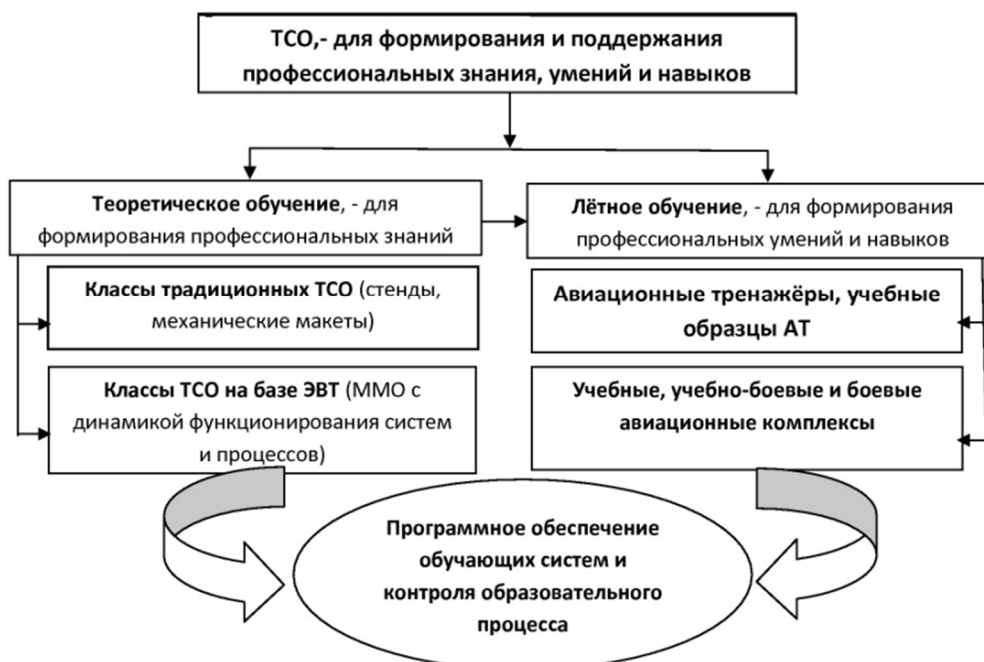


Рисунок 1

Некоторые образцы ТСО и ТСО на базе ЭВТ, применяемые при изучении отдельной дисциплины «тренажная подготовка» [4], приведены на рисунках 2, 3, 4, 5.



Рисунок 2 – Механический тренажёр для обучения курсантов определению местоположения самолёта в пространстве по известным навигационным параметрам. На втором плане – оборудование мультимедийного обеспечения образовательного процесса



Рисунок 3 – Механический тренажёр навигационно-пилотажного прибора (НПП) для обучения курсанта определению текущих навигационных параметров полёта



**Рисунок 4** – Действующая («живая») кабина самолёта Л-39 для формирования практических навыков по подготовке к полёту, запуску, опробованию и останову двигателя



**Рисунок 5** – Механический тренажёр для изучения оборудования передней кабины самолёта Л-39

Изучению проблем организации тренажёрной подготовки лётного состава ВКС и рассмотрению путей их решения в современных условиях посвящены различные работы [4], [5], [12]. В них указывается, что авиационные тренировочные ТСО, как сейчас мы их называем «авиационные тренажёры», появились с момента появления необходимости в лётном обучении, с началом бурного развития авиационного дела. Естественно, одновременно с разработкой авиационных тренажёров [9], [10], [11] разрабатывались и теоретические основы их применения, которые прошли четыре этапа в своем развитии, ограниченных следующими историческими рамками: эмпирический этап (до середины 20-х гг. XX века); этап зарождения научно-педагогических основ тренажной подготовки (с середины 20-х гг. до середины 30-х гг. XX века); этап развития в рамках других научно-образовательных дисциплин (с середины 30-х гг. XX века до 2012 года) и этап становления, как самостоятельной научно-образовательной дисциплины, впервые введённой в учебный план образовательного процесса Краснодарского ВВАУЛ в 2012 году [4], [7].

Таким образом, на современном этапе развития авиационного тренажёростроения, их функциональный облик должен формироваться с учётом вышеперечисленных проблемных факторов в лётном обучении с применением ТСО. Учебно-тренировочный комплекс (УТК), входящий в состав Краснодарского ВВАУЛ как материальная база тренажной подготовки специалистов по лётной эксплуатации боевых авиационных комплексов [8] включает три лаборатории, имеющих на вооружении комплексные пилотажные авиационные тренажёры (КТС):

**1. Лабораторию КТС учебных самолётов Л-39 (КТС-39).** КТС-39 как ТСО обеспечивает приобретение специальных знаний, формирование (поддержание) навыков и умений по технике пилотирования, самолётовождению и боевому применению самолёта Л-39. Тренажёр предназначен для решения следующих задач практического обучения лётчика в объёме Руководства по лётной эксплуатации (РЛЭ) и Курса учебно-лётной подготовки (КУЛП):

- подготовки и контроля бортового оборудования к полёту;
- подготовки двигателя к запуску, запуск и опробование двигателя на земле, запуск двигателя в воздухе;
- руление по рулёжным дорожкам и ВПП;



- взлёта с ВПП и набора высоты;
- выполнения пред посадочного маневра, захода на посадку с использованием радиотехнических средств и визуально днём, ночью, в простых и сложных метеословиях в ручном и директорном режимах управления;
- пилотирования самолёта по приборам и визуально в эксплуатационном диапазоне высот и скоростей, перегрузок и углов атаки, определённых РЛЭ самолёта;
- поиска, обнаружения и распознавания наземных и воздушных целей;
- ведения радиосвязи;
- отработки действий лётчика в особых случаях полёта при различного рода отказах оборудования и систем самолёта, предусмотренных РЛЭ.

Реализацию указанных концепций определила облик тренажёра, основным элементом которого являются [8]: кабина, система имитации внешней визуальной (внекабинной) обстановки, вычислительно-моделирующий комплекс, рабочее место инструктора, имитатор загрузки органов управления, система имитации акустических шумов и другое оборудование.

Общий вид тренажёра КТС-39 представлен на рисунке 6.

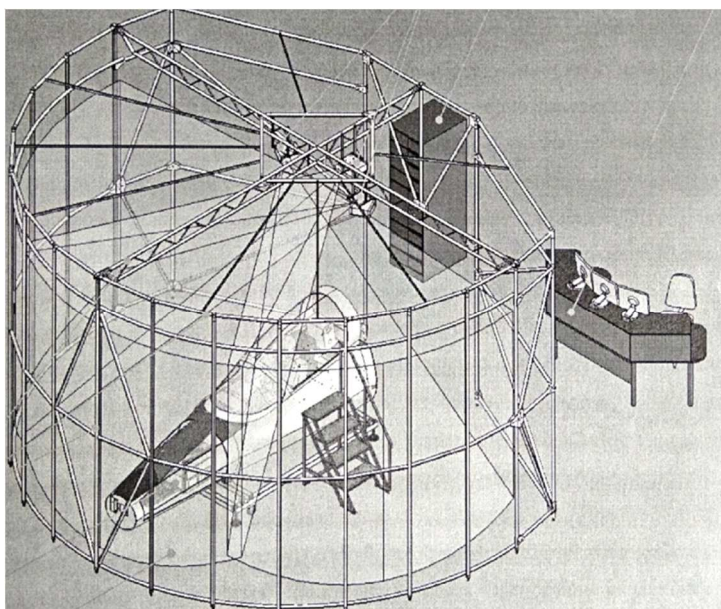


Рисунок 6 – Общий вид тренажёра КТС-39

**Кабина тренажёра** (рис. 7) по своим геометрическим размерам и интерьеру соответствует передней кабине самолёта Л-39 и включает: рабочее место лётчика, носовой и закабинный отсеки. Рабочее место лётчика укомплектовано штатными органами управления самолётом, имитаторами приборов, прицельного и радиосвязного оборудования, световыми табло, пультами и щитками управления, креслом и светотехническим оборудованием.

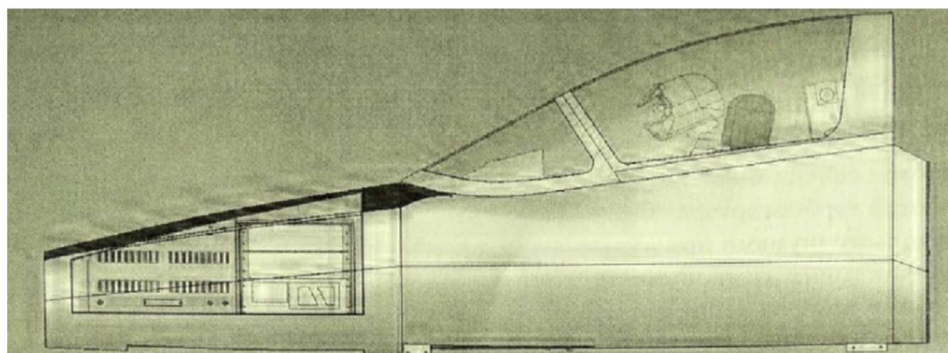


Рисунок 7 – Кабина тренажёра

**Имитатор загрузки органов управления (ИЗОУ)** обеспечивает формирование усилий на органах управления тренажёра, адекватных нагрузке органов управления самолёта при управлении им на различных этапах полёта.

**Система имитации внешней (внекабинной) визуальной обстановки (СИБВО)** предназначена для воспроизведения цветного, подвижного изображения внекабинного пространства на цилиндрический экран в широком поле обзора лётчика. Система обеспечивает возможность имитации визуального обзора окружающего пространства в секторе 180 градусов по азимуту и 50 градусов по углу места.

**Система имитации акустических шумов (СИАШ)**, реализована на основе аппаратно-программных средств и акустической стереосистемы, установленных в кабинаном отсеке.

**Вычислительно-моделирующий комплекс (ВМК)** тренажёра реализован с использованием информационных технологий, позволяющих создать локальную вычислительную сеть в операционной среде WindowsNT / WindowsXP. Вычислитель устройств сопряжения оборудования тренажёра обеспечивает обмен данными с оборудованием кабины в реальном масштабе времени.

В состав программного обеспечения тренажёра входят следующие модули:

- моделирования динамики пространственного управляемого движения самолёта (включая движение на земле), функционирования силовой установки и имитации работы основных функциональных систем самолёта в штатных режимах работы и при моделировании отказов;
- имитации боевого применения всех штатных бортовых средств поражения;
- генерации изображения визуальной внекабинной обстановки;
- имитации загрузки органов управления;
- имитации акустических шумов;
- комплекс программ рабочего места инструктора.

**Рабочее место инструктора (РМИ)** обеспечивает функции управления и контроля за действиями обучаемого по пилотированию, боевому применению вооружения, а также при обучении действиям при возникновении особых случаев полёта.

Тренажёр создан по модульной технологии, что обеспечивает использование конструктивных элементов и его программного обеспечения в качестве основы при разработке перспективных аналогов. Техническое обслуживание тренажёра производится одним инженером и одним системным администратором прошедшим подготовку на предприятии-изготовителе.



Рисунок 8 – Рабочее место обучающегося (курсанта)

Тренажёр устанавливается в специальном здании, построенном по типовому проекту, или других зданиях, соответствующих требованиям нормативной эксплуатационной документации [8].

Таким образом, комплексные авиационные тренажёры третьего поколения являются дорогостоящими сложными по конструкции и в эксплуатационном отношении техническими средствами обучения инженерными сооружениями. Организация их применения в образовательном процессе лётного состава ВКС, особенно лётчиков, требует специализированных зданий, специально подготовленного инженерно-

технического состава, лётчиков-инструкторов имеющих опыт полётов и владеющего методикой лётного обучения, а также тщательного планирования самого процесса тренажной подготовки и её увязки с программой лётной подготовки обучающихся. В ходе тренировок, эти тренажёры в основном используются для формирования первоначальных навыков и умений обучающихся по лётной эксплуатации воздушных судов.

Основными недостатками комплексных авиационных тренажёров этого поколения являются:

- невозможность имитации физических факторов, влияющих на жизнедеятельность обучающегося в ходе реального полёта (перегрузок), особенно на взлёте, заходе на посадку и в процессе посадки из-за неподвижно установленной кабины тренажёра;
- отсутствие второй кабины и двойного управления исключает использования в ходе тренажной подготовки одного из главных методов – репродуктивный метод лётного обучения, основанного на показе правильных действий в полёте по принципу «делай как я»;
- ограниченные возможности по тактической подготовке обучающихся, в связи с отсутствием в программном обеспечении тренажёра модулей программирования боевых действий и групповых полётов в составе групп различного тактического назначения;
- для развёртывания и эксплуатации тренажёров требуются не только специализированные помещения с размерами не менее 6 x 7,5 x 3 м. Их распаковка, размещение, монтаж, пуско-наладочные и регулировочные работы требуют больших трудозатрат специалистов предприятия изготовителя, а сервисное обслуживание остаётся дорогостоящим.

Комплексные авиационные тренажёры четвёртого поколения унаследовали конструктивную и идеологическую базу тренажёров предшествующих поколений в более совершенной форме. Их особенностями являются более мощный вычислительный комплекс и его программное обеспечение, современная кабина (рабочее место обучающегося) на базе многофункциональных цифровых индикаторов, наличие двойного управления и второй кабины (рабочего места обучающегося).

В Краснодарском ВВАУЛ современное поколение комплексных пилотажных авиационных тренажёров представлена **специализированным тренажёром боевого применения учебно-боевого самолёта Як-130 (СТБП-130)**. СТБП-130 предназначен для подготовки лётчиков при отработке пилотажно-навигационных задач и боевого применения авиационных средств поражения имеющихся и имитируемых на борту учебно-боевого самолёта Як-130, а также для оценки качества пилотирования, самолётовождения и **операторской деятельности** членов экипажа в процессе обучения. СТБП-130, как новое техническое средство обучения, отличается от КТС-39 следующими конструктивными особенностями:

1. Более мощным вычислительным комплексом, позволяющим выполнять следующие дополнительные функции:

- контролировать работоспособность составных частей тренажёра;
- хранение программной информации, записей и параметров полётов и данные о полётных заданиях;
- накапливание, обработку и хранение статического материала на каждого обучающегося;
- моделирование в реальном масштабе времени работы систем и оборудования самолёта, средств индикации и связи, внешних условий навигационной и тактической обстановки, динамики полёта с учётом внешних условий навигационной и тактической обстановки, топографических объектов.

2. Двухместная кабина и двойное управление тренажёром из обеих кабин позволяет обучающему лётчику-инструктору использовать не только объяснительно-иллюстративный, но и один из основных методов лётного обучения «делай как я» (репродуктивный метод) с возможностью многократного повторения сложных, трудно осваиваемых элементов полёта.

3. Тренажёр позволяет обучать курсантов операторской деятельности, которая, выступает в качестве одной из основных направлений профессиональной подготовки лётчиков в современных условия развития авиационной техники.

4. СТБП-130 имеет более совершенные системы имитации внешних условий, навигационной и тактической обстановки и акустической информации.



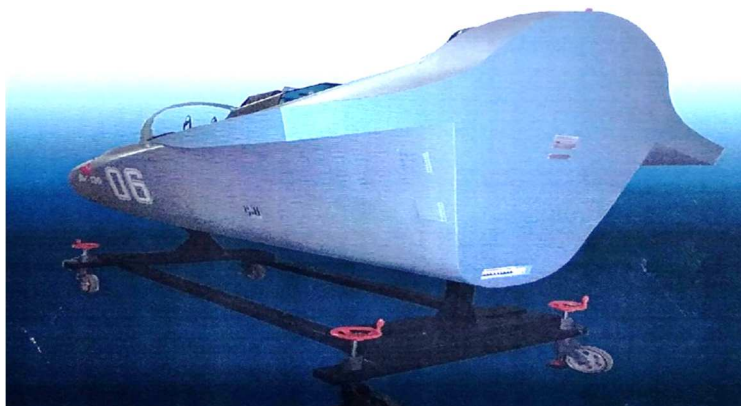


Рисунок 9 – Внешний вид макета двухместной кабины СТБТ-130



Рисунок 10 – Общий вид 1-й кабины СТБТ-130

Исходя из анализа исторического опыта использования авиационных тренажёров, как технических средств, позволяющих повысить эффективность лётного обучения, безопасность полётов и сократить расходы материально-технических средств на лётную подготовку, их роль и место в образовательном процессе лётного состава с развитием научно-технического прогресса в авиационной промышленности несомненно будет только повышаться. Основными сдерживающими факторами их применения в лётном обучении являются:

1. Ограниченные возможности имитации «полёта» на пилотажном тренажёре до полного его соответствия реальному полёту из-за невозможности имитации всех психофизиологических условий реального полёта, главным образом физических перегрузок, действующих на лётчика в полёте. Но, уже сейчас существуют авиационные пилотажные тренажёры с шестью и более степенями свободного перемещения кабины в пространстве и возможностями кратковременной имитации физических перегрузок, действующих на лётчика при взлёте, посадке и изменении режима «полёта».

2. Относительная высокая стоимость комплексных пилотажных авиационных тренажёров, сложность их технического обеспечения и сервисного обслуживания, громоздкие размеры и отсутствие специализированных типовых зданий.

3. Существует проблема использования комплексных пилотажных авиационных тренажёров в процессе тактической подготовки выпускников лётных училищ, в том числе при моделировании боевого полёта с преодолением противовоздушной обороны противника. Основными причинами данной проблемы являются: отсутствие многофункциональных тактических тренажёрных комплексов и соответствующего продукта программного обеспечения существующих пилотажных тренажёров, а также недостаточная мощность вычислительно-моделирующих комплексов, применяемых в авиатренажёростроении и отсутствие опыта методической работы у преподавательского состава в данной области.



Участие в этом проекте дает «Динамике» уникальный опыт, поскольку впервые тренажеры МиГ-31, Су-33 и Су-24М, созданные в рамках этой работы, могут использоваться как автономно, так и в составе сложного многоуровневого обучающего комплекса. Это касается как освоения технологий совместимости различных обучающих средств в единой виртуальной среде, имитирующей возможный театр военных действий, так и разработки новой методической базы для будущих тактических тренажерных комплексов.

***В настоящее время в ЦНТУ «Динамика» завершена сборка учебно-тренировочного комплекса (УТК), позволяющего отрабатывать навыки управления и взаимодействия всех звеньев авиационного комплекса перехвата на основе самолета МиГ-31. Работа выполнялась в рамках программы по созданию УТК для обучения летного состава истребительной авиации ВМФ берегового базирования. Помимо комплексного тренажера, являющегося основным элементом УТК, в его состав вошли выносное рабочее место экипажа и пост руководства обучением.***

Таким образом, развитие авиационной техники и ускорение научно-технического прогресса требует не только глубокие теоретические знания, не только совершенствование методов и способов лётного обучения, но и твёрдые навыки, приобрести которых, становится невозможным без ТСО, особенно авиационных тренажёров различного назначения. Сложная, наукоёмкая технология производства, высокая стоимость современных авиационных комплексов и систем боевого применения повышенной мощности и точности требуют от выпускников ВУЗов ВКС высокого уровня оперативно-тактического мышления, умения решать сложные оперативно-тактические задачи в условиях острого дефицита времени и детально планировать бой, способность правильно выбирать оптимальные и обоснованные варианты выполнения боевых задач, а также грамотно эксплуатировать авиационную технику. Всё это, в свою очередь приводит к необходимости повышения эффективности их образовательного процесса, прежде всего в области формирования профессиональных навыков и умений. Решение подобных задач без соответствующей учебно-материальной базы образовательных учреждений ВКС, оснащённых современными ТСО становится невозможным.

### Литература

1. Пономаренко И.А. Психология человека опасной профессии // Монография. – М. : Институт психологии РАН, 2007. – 230 с.
2. Гандер Д.В. Профессиональная психопедагогика // Монография. – М. : Воентехиздат, 2007. – 336 с.
3. Божко С.В., Вернич Д.И. Общие подходы к обучению курсантов-летчиков ВКС РФ // Сб. научных статей VIII Международной НПК «Научные чтения им. проф. Н.Е. Жуковского» 20–22.12.17. МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 21–27.
4. Роль и место авиационно-тренажной подготовки в лётном обучении курсантов в Краснодарском ВВАУЛ / С.В. Божко [и др.] // Сб. научных статей IX Международной НПК «Научные чтения имени проф. Н.Е. Жуковского» 19–20.12.2018. МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 158–164.
5. Божко С.В., Самойлов К.Ю. Анализ подходов к подготовке военных летчиков в различных странах // Сб. научных статей VIII Международной НПК «Научные чтения им. проф. Н.Е. Жуковского» 20–22.12.17. МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 72–75.
6. Божко С.В., Вернич Д.И., Самойлов К.Ю. Системы подготовки военных летчиков // Сб. научных статей VIII Международной НПК молодых ученых, посвященной 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос 14–15.04.18. МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 35–40.
7. Об основных направлениях совершенствования тренажной подготовки курсантов летных вузов ВКС в современных условиях / С.В. Божко [и др.] // Сб. научных статей IX Международной НПК молодых ученых, посвященной 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, 12–13.04.2019. МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 302–308.

8. Божко С.В., Котлов И.Н., Лекомцев В.С. Облик современного тренажера и тенденции его развития // Сб. науч. статей X Международной НПК молодых ученых, посвященной 59-й год. полета Ю.А. Гагарина в космос 13–14 апреля 2020. МО РФ, КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 54–59.
9. Данилов А.М., Пылайкин С.А. Основные направления современного авиационного тренажеростроения // Электронный научно-практический журнал «Современная техника и технологии». – 2014. – № 6. – URL : <http://technology.snauka.ru/2014/06/4014>.
10. Литвиненко А. Российский рынок авиационных тренажеров: реалии и перспективы // «Аэрокосмический курьер». – 2010. – № 5. – С. 22–25.
11. Алексеев Ю. Авиационные тренажеры: состояние и перспективы развития. – URL : [com-mi.narod.ru/txt/1205.htm/](http://com-mi.narod.ru/txt/1205.htm/)
12. Системный подход к организации тренажерной подготовки летного состава в современных условиях // Журнал «Надежность и качество сложных систем». – 2014. – № 4. – С. 34–40.

### References

1. Ponomarenko I.A. Psychology of a person of a dangerous profession // Monograph. – M. : Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, 2007. – 230 p.
2. Gander D.V. Professional psycho-pedagogy // Monograph. – M. : Voentechizdat, 2007. – 336 p.
3. Bozhko S.V., Vernich D.I. Common approaches to the training of cadets of pilots of Air Force of the Russian Federation // Collection of scientific papers VIII International Scientific Conference «Scientific readings them. prof. Zhukovsky» 20–22.12.17. Defense Ministry Of Russian Federation, KVVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2018. – P. 21–27.
4. The role and place of aviation training in flight training of cadets in Krasnodar VVUUL / S.V. Bozhko [et al.] // Collection of scientific papers IX International NPK «Scientific readings named after prof. Zhukovsky» 19–20.12.2018. Ministry Of Defense Of The Russian Federation, KVVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2019. – P. 158–164.
5. Bozhko S.V., Samoilov K.Yu. Analysis of approaches to the training of military pilots in different countries // Collection of scientific papers VIII International NPK «Scientific readings named after Prof. N.E. Zhukovsky» 20–22.12.17. Ministry Of Defense Of The Russian Federation, KVVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2018. – P. 72–75.
6. Bozhko S.V., Vernich D.I., Samoilov K.Y. Systems of training of military pilots // Collection of scientific papers of VIII International Scientific and Technical Conference of Young Scientists, dedicated to the 57th anniversary of the flight of YA Gagarin into space 14–15.04.18. Defense Ministry Of Russian Federation. – Krasnodar : Publishing House – South, 2018. – P. 35–40.
7. On the main directions of improvement of simulation training of flight cadets in modern conditions / S.V. Bozhko [et al.] // Proceedings of the IX International Scientific and Technical Conference of young scientists dedicated to the 58th anniversary of the flight of Y.A. Gagarin into space, 12–13.04.2019, RF Ministry of Defense, KVVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – P. 302–308.
8. Bozhko S.V., Kotlov I.N., Lekomtsev V.S. The image of modern simulator and trends of its development // Collection of scientific papers of X International Scientific and Technical Conference of young scientists dedicated to the 59th year of Yuri Gagarin's flight into space April 13–14, 2020. MORF, KVVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 54–59.
9. Danilov A.M., Pylaykin S.A. Main directions of modern aviation simulator construction // Electronic scientific-practical journal «Modern machinery and technology». – 2014. – № 6. – URL : <http://technology.snauka.ru/2014/06/4014>
10. Litvinenko A. Russian market of flight simulators: realities and prospects // Aerospace Courier. – 2010. – № 5. – P. 22–25.
11. Alexeev Y. Aviation simulators: status and prospects for development. – URL : [com-mi.narod.ru/txt/1205.htm/](http://com-mi.narod.ru/txt/1205.htm/)
12. System approach to the organization of flight crew simulator training in modern conditions // Journal «Reliability and Quality of Complex Systems». – 2014. – № 4. – P. 34–40.

УДК 378

**ОСОБЕННОСТИ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА  
К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**



**FEATURES OF THE COMPETENCE APPROACH  
TO PROFESSIONAL ACTIVITY  
A TEACHER OF A TECHNICAL UNIVERSITY**

**Дворная Зинаида Михайловна**

Кубанский государственный  
технологический университет  
zinaida11-12@ya.ru

**Дворная Зинаида Львовна**

Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В статье рассматриваются профессиональные качества преподавателей технических вузов сквозь призму понятия «компетентностный подход». Предлагаются пути повышения профессиональной компетентности педагогов в процессе образовательной деятельности.

**Ключевые слова:** компетентностный подход, образовательная деятельность, педагогические умения и навыки, квалификационный уровень преподавателя, принцип интерактивности.

**Dvornaya Zinaida Mikhailovna**

Kuban State Technological University  
zinaida11-12@ya.ru

**Dvornaya Zinaida Lvovna**

Kuban State Technological University

**Annotation.** The article examines the professional qualities of teachers of technical universities through the prism of the concept of "competence approach". The ways of improving the professional competence of teachers in the process of educational activity are proposed.

**Keywords:** competence-based approach, educational activity, pedagogical skills, teacher's qualification level, the principle of interactivity.

**Т**рансформации, происходящие в системе высшего образования, а именно: активизация научной деятельности преподавателей и студентов, повышение уровня профессиональной подготовки будущих специалистов в ведущих вузах общеевропейского образовательного пространства, цифровизация современного образования являются движущими механизмами инновационного развития любого высокоразвитого государства.

Применительно к российской действительности, результатом этого процесса является выдвижение в последнее десятилетие новых требований к подготовке в вузах РФ конкурентоспособных, перспективных специалистов, востребованных на современном рынке труда. По мнению ведущих специалистов в области философии образования, выдвигаемые задачи и предъявляемые требования к профессиональному обучению в российских вузах опираются преимущественно на компетентностный подход [1].

Соответственно новым требованиям ФГОС ВО формируются инновационные подходы, новые эффективные направления в образовательной деятельности преподавателей вузов всех профилей, в первую очередь, технических. Как известно, под успешной образовательной деятельностью в вузах технического профиля следует понимать прежде всего научно-учебную (включая научно-исследовательскую), учебно-методическую, воспитательную работу под руководством лучших представителей профессорско-преподавательского состава.

Следует подчеркнуть, что высокий уровень социально-профессиональной подготовки конкурентоспособных инженерных кадров, отличающихся креативным мышлением, творческим подходом к созданию новых технологий и развитию существующих, возможен при условии усвоения и дальнейшего применения каждым преподавателем современных образовательных технологий.

Итак, активное использование актуальных в настоящий период развития общества новых образовательных подходов, в первую очередь, компетентностного, направлено, как справедливо подмечено, на повышение качества образовательной деятельности в российских вузах [2].

Таким образом, реалии современной действительности (а именно: осуществление масштабной модернизации в системе высшего образования) диктуют необходимость целесообразного использования компетентностного подхода с целью повышения уровня профессиональной подготовки преподавателей технических вузов.

Повышение уровня квалификации каждого преподавателя вуза, включая изучение философских аспектов образования, психологии и методологии педагогики, способствует, в свою очередь, росту эффективности обучения будущих инженеров, углублению их профессиональных знаний, умений, навыков.

Следует отметить, что помимо получения профессиональных знаний в процессе изучения профильных предметов студентами и магистрантами значительное внимание в вузах технического профиля уделяется изучению цикла обществоведческих и гуманитарных дисциплин [3, 4].

Необходимо подчеркнуть, что, широко применяя компетентностный подход, руководители ведущих российских вузов технического, технологического, экономического профилей актуализируют задачу подбора и обучения высокопрофессиональных научно-педагогических кадров, призванных осуществлять качественную профильную общетеоретическую (методологическую) и практическую подготовку специалистов инженерного профиля.

В связи с изложенными выше суждениями следует более подробно остановиться на рассмотрении понятий «компетентность» и «компетентностный подход».

По нашему мнению, наиболее емкое и точное определение понятия «компетентность» дано в научных трудах известного в европейских научных кругах специалиста в области методологии педагогики и психологии профессора И.А. Зимней. В частности, автор отмечает, что «компетентность – это проявляемое в деятельности, в решении человеком разнообразных социальных и профессиональных задач интегративное личностное качество» [5, с. 73].

Рассмотрим понятие «компетентностный подход». С точки зрения методологии образования, компетентностный подход к профессиональной деятельности преподавателя представляет собой комплекс как узкопрофессиональных, так и психолого-педагогических знаний, умений, навыков и приемов, с помощью которых наиболее успешно осуществляется, с одной стороны, процесс передачи и, с другой стороны, процесс усвоения полученных знаний.

Иными словами, актуализация компетентностного подхода эффективно реализуется в системе «обучающий – обучаемый» при условии, что в процессе творческой работы преподавателя со студентами качественно решаются многообразные научно-учебные, психолого-педагогические, методические, дидактические задачи.

Стоит обратить внимание на одну из главных задач успешности образовательной деятельности вуза, предполагающую использование компетентностного подхода. Это повышение квалификационного уровня каждого преподавателя, а также осознание преподавателем необходимости самообразования, иными словами, непрерывное пополнение уровня основных и фоновых знаний в области преподаваемой дисциплины.

В связи с изложенным выше следует заметить, что процесс самообразования преподавателя опирается на усвоение им комплекса профессиональных, общекультурных, речевых, языковых и других компетенций. Теоретическая научная база, соответственно, дополняется приобретением и передачей практических умений и навыков, обогащенных социально-профессиональным опытом (с учетом компетентностного подхода).

Педагогические умения и навыки включают в себя следующие компоненты: знание и глубокое понимание преподаваемого предмета, знание основ дидактики, критическое мышление, отражающее способность к самокритике, знание основ ораторского мастерства, владение передовыми информационными технологиями.

С целью эффективного учебного, научного, творческого взаимодействия со студентами преподавателю следует развивать нравственные качества. На наш взгляд, наиболее значимыми являются следующие качества: аксиологические нормы этики (эмпатия, гуманизм, принципиальность, ответственность, чувство справедливости), сила воли, необходимая для реализации нравственных поступков, высокий уровень культуры.

Следует также подчеркнуть, что преподаватель в ходе учебного процесса должен стремиться к использованию инновационных методик обучения. Известно, что успешность преподавания во многом связана с применением на практике интерактивных технологий, позволяющих педагогу эффективно осуществлять принцип обратной связи (принцип интерактивного обучения).

В процессе совместной научно-учебной деятельности необходимо избегать авторитарной схемы взаимоотношений между преподавателем и студентами. С целью реализации интеллектуального, творческого потенциала учащихся необходимо придерживаться креативного подхода в обучении и воспитании с учетом личностных особенностей каждого студента [6, 7].

На современном этапе развития образовательной системы одним из показателей профессиональной компетентности преподавателя является переход от прямого руководства учебным процессом к консультированию, к организации дистанционных и самостоятельных форм научно-учебной деятельности. Например, при объяснении преподавателем лекционного материала студенты не должны выступать только в роли пассивных слушателей.

С целью повышения качества обучения педагог, с нашей точки зрения, должен быть заинтересован в непрерывном совершенствовании методики изложения учебного материала (формирование умения анализировать каждую новую тему с учетом разных научных подходов).

Необходимо обратить внимание на одну особенность преподавательской деятельности: чтобы обучение в вузах технического профиля было продуктивным, следует прежде всего повысить качество изложения нового материала, уместно используя при этом презентации и другие современные средства наглядности.

Через грамотную подачу материала конкретной дисциплины в процессе чтения лекционного курса и выполнения на практических занятиях разноплановых творческих заданий преподаватель способен активизировать интерес студентов к изучению дисциплины.

Таким образом, приоритетными задачами профессиональной деятельности современного преподавателя технического вуза выступают как научно-учебные, учебно-методические, так и воспитательные, психолого-педагогические задачи, направленные на реализацию компетентностного подхода при обучении студентов.

### Литература

1. Тамова М.Ю., Джум Т.А. Компетентностный подход к разработке новых методик и технологий образовательной деятельности // В сборнике: Сфера услуг: инновации и качество. Издательство: Краснодарский филиал ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова». – Краснодар, 2014. – № 18. – С. 7–15.
2. Дворная З.М., Коновалов Д.В., Дворная З.Л. Актуальность компетентностного подхода при обучении студентов технических вузов основам культуры речи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – № 2. – С. 392–394.
3. Дворная З.М. Развитие речевой культуры будущих специалистов (в аспекте гуманитаризации технического образования) // Влияние науки на инновационное развитие: материалы Международной научно-практической конференции. – Уфа : Издательство «Аэтерна», 2016. – С. 123–124.
4. Дворная З.М., Дворная З.Л. Дидактический компонент развития речевой культуры студентов (в аспекте гуманитаризации технического образования) // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – № 3. – С. 309–311.
5. Зимняя И.А. Компетентность и компетенции в контексте компетентностного подхода // Понятийный аппарат педагогики и образования: Сборник научных трудов. – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2013. – С. 64–75.
6. Дворная З.М., Дворная З.Л. Активизация научно-познавательной деятельности студентов в вузах технического профиля (в аспекте преподавания дисциплины «Русский язык и культура речи») // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – № 3. – С. 397–399.

7. Дворная З.М., Дворная З.Л. Формирование творческой активности студентов технических вузов в процессе научно-познавательной деятельности // Актуальные вопросы филологических исследований: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения Н.А. Некрасова. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 179–183.

### References

1. Tamova M.Y., Dzhum T.A. Competence approach to the development of new methods and technologies of educational activity // In the collection: Service sector: innovation and quality. Publisher: Krasnodar branch of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Russian University of Economics. G.V. Plekhanov» Russian University of Economics. – Krasnodar, 2014. – № 18. – P. 7–15.
2. Dvornaya Z.M., Konovalov D.V., Dvornaya Z.L. The relevance of the competence approach in teaching students of technical universities the basics of speech culture // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – № 2. – P. 392–394.
3. Dvornaya Z.M. Development of speech culture of future specialists (in the aspect of humanitarization of technical education) // Influence of science on innovative development: materials of the International scientific-practical conference. – Ufa : Publishing house «Aeterna», 2016. – P. 123–124.
4. Dvornaya Z.M., Dvornaya Z.L. Didactic component of students' speech culture development (in the aspect of humanitarization of technical education) // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2019. – № 3. – P. 309–311.
5. Zimnyaya I.A. Competence and competence in the context of the competence approach // Conceptual apparatus of pedagogy and education: Collection of scientific papers. – Yekaterinburg : Ural State Pedagogical University, 2013. – P. 64–75.
6. Dvornaya Z.M., Dvornaya Z.L. Activation of scientific-cognitive activity of students in technical universities (in the aspect of teaching the discipline «Russian language and culture of speech» // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – № 3. – P. 397–399.
7. Dvornaya Z.M., Dvornaya Z.L. Formation of Creative Activity of Students of Technical Universities in the Process of Scientific-Cognitive Activity // Actual Issues of Philological Studies: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference devoted to the 200th anniversary of N.A. Nekrasov. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Technological University». – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – P. 179–183.

УДК 378

**ВЛИЯНИЕ ПИТАНИЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА,  
ЗАНИМАЮЩЕГОСЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ**



**INFLUENCE OF NUTRITION ON THE FUNCTIONAL STATE OF  
A PERSON ENGAGED IN PHYSICAL CULTURE**

**Кайшева А.И.**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
arinakajseva4@gmail.com

**Лысенко Н.В.**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
pnatali0503@mail.ru

**Ерёменко В.Н.**

преподаватель,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
vera\_er@mail.ru

**Синько О.В**

преподаватель,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
olgasinko73@yandex.ru

**Питкин В.А.**

преподаватель,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
irvik25@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты влияния качества пищи на деятельность сердечно-сосудистой системы молодых людей, занимающихся спортивными нагрузками в течение некоторого времени, на фоне интенсивной силовой нагрузки. Поставлены задачи: оценка качества питания исследуемых лиц по содержанию белков, жиров, углеводов, анализ результатов электрокардиограммы (ЭКГ). Выявлено нарушение качества питания, в сравнении с нормой, приведенной Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ).

**Ключевые слова:** спорт, рацион питания, подростки, лицамолодоговозраста, ЭКГ

**Kaisheva A.I.**

Student,  
Kuban State Technological University  
arinakajseva4@gmail.com

**Lysenko N.V.**

Student,  
Kuban State Technological University  
pnatali0503@mail.ru

**Eremenko N.B.**

Lecturer,  
Kuban State Technological University  
vera\_er@mail.ru

**Sinko O.V.**

Lecturer,  
Kuban State Technological University  
olgasinko73@yandex.ru

**Pitkin V.A.**

Lecturer,  
Kuban State Technological University  
irvik25@mail.ru

**Annotation.** The article presents the results of the influence of food quality on the activity of the cardiovascular system of young people engaged in sports activities for some time, against the background of intense power load. The following tasks are set: assessment of the quality of nutrition of the studied individuals by the content of proteins, fats, carbohydrates, analysis of the results of an electrocardiogram (ECG). A violation of the quality of nutrition was revealed, in comparison with the norm given by the World Health Organization (WHO). Eremenko N.B. teacher of KubSTU.

**Keywords:** sport, food ration, teenagers, young people, electrocardiography (ECG).

**П**олноценное питание имеет важное значение для абсолютного обеспечения метаболизма и оказания существенного действия на сопротивляемость организма человека, выработку устойчивости к стрессовым ситуациям. Уделяя немалое внимание факторам питания, спортсмены и тренеры всегда пытаются повысить физическую работоспособность. Сбалансированный рацион и режим питания повышает работоспособность и выносливость организма, способствуют нормальному

физическому и нервно-психическому развитию. У спортсменов и любителей спорта энергетические затраты значительно больше, чем у молодых людей, которые не занимаются спортом, поскольку для спортивной деятельности характерны насыщенность и неравномерность энергетических затрат, часто сочетающиеся с нервно-психическими нагрузками. От направления спорта зависит суточная потребность в основных пищевых веществах, витаминах и энергии спортсменов. Лица, занимающиеся скоростно-силовыми и сложно координационными видами спорта, наиболее нуждаются в пищевых ингредиентах.

Важную роль в питании молодых людей, которые занимаются спортом, играют белки. Недостаток белков в питании замедляет рост, снижает иммунитет, сказывается на умственном развитии. Качество поступающего белка определяется его аминокислотным составом, при этом огромное значение имеет количественное соотношение между незаменимыми аминокислотами. В настоящее время научные взгляды на удовлетворения повышенных потребностей спортсменов в белке отошли от представлений о пользе рационов с очень высоким его содержанием. Для оснащения юных спортсменов полноценным комплектом аминокислот содержание белка животного происхождения должно составлять не менее чем 60 % от общего количества белка в рационе. В таком случае, главное требование к пище в период подготовки спортсмена – это наличие в ней всех аминокислот в оптимальных соотношениях для ускорения синтеза мышечных белков и увеличения мышечной силы. Основным источником животного белка является мясо, рыба, птица, творог, сыр, яйца, молоко, кефир и т.п. Остальные 40 % это белки растительного происхождения. Такое соотношение белков растительного и животного происхождения следует соблюдать при каждом приеме пищи. Во время тренировок, которые направлены на развитие скоростно-силовых качеств и увеличение мышечной массы, животные белки могут составлять до 80 % рациона.

Содержание жиров в суточном рационе питания спортсменов должно быть 26–30 % общей калорийности пищи. Помимо животных жиров, способствующих поставлять различные необходимые вещества для организма – жирорастворимые витамины (A, D, E, K), фосфатиды, стероиды, также в суточный рацион необходимо включать растительные масла – основные источники полиненасыщенных жирных кислот – линолевой, арахидоновой и линоленовой. От содержания этих жирных кислот, относящихся к числу незаменимых факторов питания, зависит биологическая ценность жиров в значительной мере. Недостаток в них отрицательно сказывается на функции печени, сердца, на метаболизме холестерина, на росте. Растительных жиры необходимо восполнять около 20–25 % всех жиров пищи и преимущественно пользоваться нерафинированными растительными маслами.

Во время занятия спортом потребность в углеводах возрастает и во многом определяется насыщенность физической нагрузки. Энергетическая ценность пищевого рациона большинства людей обеспечивается, главным образом, углеводами. Углеводы имеют свойство освобождать энергию для жизнедеятельности в процессе катаболизма, накапливаться в печени и мышцах, тем самым создаёт ограниченный энергетический резерв. Углеводы используются как основной и наиболее выгодный источник энергии при выполнении мышечной работы, благодаря своей способности окисляться как в присутствии кислорода, так и без него. Источником углеводов является хлеб, мука, крупы, макаронные изделия, картофель, сахар, кондитерские изделия, овощи, фрукты, ягоды и многое другое. Рекомендуется большую массу углеводов 65–70 % (от общего количества) вводить с пищей в виде полисахаридов (крахмал), 25–30 % должно приходиться на простые и легкоусвояемые углеводы (сахара, фруктоза, глюкоза) и 5 % на неусвояемые – пищевые волокна, которые необходимы для нормального функционирования пищеварительной системы.

Следовательно, рекомендуемое ВОЗ соотношение белков, жиров и углеводов в процентном отношении для спортсменов составляет: 50–57 % углеводов, 26–30 % жиров и 17–20 % белков.

Важно, чтобы рацион лиц, занимающихся спортом, был сбалансирован и в количественном отношении, и включал достаточно разнообразный ассортимент продуктов. Следует соблюдать разную пищевую направленность блюд как в одном приеме



пищи, так и в течение всего дня. В течение дня спортсмены должны принимать пищу в четко установленное время, что улучшает аппетит, перевариваемость и усвояемость пищевых компонентов, увеличивает секрецию пищеварительных желез. Наилучшим распределением рациона по приемам пищи считается следующее: завтрак – 25–30 %, обед – 35–40 %, полдник – 10 %, ужин – 25–30 % суточной калорийности пищи. Распределение калорийности и подбор блюд по приемам пищи следует осуществлять с продолжительности тренировочных занятий и учетом времени их проведения. В приемы пищи, которые предшествуют тренировочным занятиям, следует включать блюда калорийные, легкоусвояемые, небольшие по объему, и запрещено употреблять жирную или трудно перевариваемую пищу.

Оптимально строгий контроль за питанием спортсменов следует осуществлять во время соревнований. Известно, что в этот период расход энергии у спортсменов может увеличиваться на 20–29 % за счет нервно-эмоционального напряжения. При организации питания во время соревнований необходимо учитывать, что следует не выходить на старт натощак, учитывать время задержки пищи в желудке, перед стартом не пить много жидкости, использовать легкоусвояемую пищу в основном белково-углеводной направленности, в перерывах между стартами объем пищи должен быть небольшим, в коротких перерывах возможно использование специализированных продуктов для спортсменов. Необходимость организма человека, занимающегося спортом, в энергии должна полностью удовлетворяться источниками небелковой природы (углеводы, жиры) с учетом энергозатрат. В последнее время придается большое значение усилению углеводной ориентации рационов перед соревнованиями и в дни их проведения в тех видах спорта, где физическая работа связана с выносливостью. Поэтому не вызывают сомнений факты повышения выносливости и физической работоспособности спортсменов при повышении эффективности углеводных запасов организма, употребления углеводсодержащих напитков для поддержания высоких скоростей окисления углеводов в ходе долгой физической нагрузки. В течение исследования, Macdermid и Stannard выявили, что при диете со сниженным количеством углеводов и повышенным количеством белков в течение 7 дней, отмечается снижение работоспособности. В связи с этим важность приобретает выработка стратегий восполнения потерь углеводов и увеличения их запасов в организме.

Следует подчеркнуть, рациональное построение тренировочного процесса у молодых спортсменов и повышение его эффективности возможно лишь при соответствии энергетических затрат спортсменов оптимально составленному дневному пищевому рациону, который включает все незаменимые компоненты питания. Только полное соответствие этих двух важнейших сторон деятельности молодых спортсменов может обеспечить достижение высоких результатов в направлении спорта.

**Цель работы:** изучить влияние качества питания на деятельность сердечно-сосудистой системы спортсменов в течение последних 10 лет, на фоне интенсивной силовой нагрузки. **Поставлены задачи:** дать оценку качества питания исследуемых лиц по содержанию белков, жиров, углеводов, анализ результатов электрокардиограммы (ЭКГ).

**Материалы и методы** Проведённое открытое исследование, участвовавшие люди возраста от 18 до 30 лет количеством 20 человек, 10 мужчин и 10 женщин, регулярно получали одинаковую силовую нагрузку, которая длилась не менее 1 часа 3 раза в неделю. В детском и подростковом возрасте тренировки были начаты, и на момент исследования длительность тренировочного процесса составляла  $10 \pm 0,8$  лет. Качественное и количественное питание не менялось и оставалось неизменным на протяжении всего опыта с детства и до подросткового возраста. Все участники каждый день, в течение 2 месяцев, вели дневник с оценкой рациона еды по содержанию белков, жиров, углеводов с следующим за этим расчетом в соотношении процентов. Проводился расчет калорийности пищи поданным из справочных материалов по диетам. Также было проведено анкетирование участников за последние полгода: одышка после физических нагрузок; дискомфорт в грудной клетке; обмороки; головокружение; сердцебиение; аритмичный пульс. У участников была проведена оценка общего состояния: положения обследуемого, сознания, самочувствие в покое и после силовой нагрузки (30 приседаний в 1 минуту), а также учитывались витальные показатели: дыхание, сердечные сокращения, артериальное давление в покое и после нагрузки. Для объективных

данных сердечно-сосудистой системы было проведено ЭКГ обследование в покое и после упражнений. Результаты ЭКГ исследования включали в себя: определение показателя «электрическая ось сердца»; обследование работы предсердий по P-зубцу и P-Q интервалу; оценку сердечного ритма и проводимости; результаты показателей комплекса элементов QRS-T; с QT (корригированный QT).

**Результаты и обсуждение.** По результатам исследований выявлены следующие показатели: сбалансировано питались только 10 % участвующих людей. Чаще всего наблюдалось несбалансированное потребление белков (в 70 % – недостаточное, в 15 % – избыточное) и жиров (недостаточное – в 75 %, избыточное – в 10 %). Белковая потребность появлялась у испытуемых в период тренировок, связанных с развитием таких качеств, как мощность, сила, выносливость, увеличение мышечной массы, а также при выполнении долгих и усердных силовых нагрузках. Известно, что участники занимались видом спорта с короткими, но значимыми тренировками, где затраты энергии в сумме невелики. Людям, занимающимся тяжелой атлетикой, нужны белки, а также много жира для того, чтобы организм наполнился энергией.

Для увеличения пользы тренировок рацион еды участника должен соответствовать энергетическим запросам деятельности и обеспечивать нужные ему нутриенты. По данным исследований, приводимых в книгах, средний размер калорийности ежедневного пищевого рациона тяжелоатлетов должен быть приблизительно 3500–4500 ккал для мужчин весом 70 кг и 3000–4000 ккал для женщин с весом в 60 кг. У участвующих лиц – мужчин калорийность поедаемой пищи составила  $3700 \pm 250$  ккал, а у девушек –  $2700 \pm 300$  ккал. Жиров приблизительно 2 грамма на 1 килограмм. Рекомендации по количеству углеводов – 8–10 г на кг массы тела. Некоторые этапы тренировок, направленные на увеличение мышц, рекомендуют увеличение нужды спортсмена в потреблении белка. Исходя из полученных результатов от ученых, количество белка в рационе спортсменов должно составлять 1,4–2,0 г на кг массы.

Калорийность в питании спортсмены покрывали за счет лишнего употребления углеводов, сбалансированное употребление углеводов выявилось в 25 % случаев, увеличенное употребление в 60 % случаев, и сниженное употребление в было в 15 % случаев. Углевод, как основной источник энергии, составляют значительную часть употребляемой еды. При низкожировой диете желателно обратить внимание на то, чтобы соотношение углеводов и белка в поедаемой еде не опускалось ниже 2:1, иначе возможно появление проблем с усвоением белков в организме [2, 3, 7, 9].

В основе изменений на ЭКГ у участника, занимающегося спортом, лежат прева-лирование функции парасимпатической нервной системы. Увеличение тонуса блуждающего нерва в условиях силовых физических занятий спортом может вести к обнаружению разных ЭКГ-феноменов, которые могут как прятать серьезные отклонения, так и быть причиной лишнего внимания врача к подопечному и необоснованного удаления из его жизни занятий спортом. Из-за занятий силовыми физическими нагрузками, у спортсменов изменяются объемы камер сердца и толщины стенок миокарда. Это более характерно для спортсменов, развивающих выносливость. У участников, тренирующихся исключительно силу тела, могут формироваться частичные концентрической гипертрофии. Эти изменения свойственны спортивному сердцу. Тем не менее, следует отметить, что любая гипертрофия миокарда, а также увеличение объемов камер сердца рассматривается медициной как самостоятельный фактор риска появления изменений, которые могут проявляться увеличением возраста человека [1, 3, 4].

Во время проведения опыта 3 участников из 20 предъявляли жалобы, из них: 2 женщины на головокружение после 20 приседаний, и 1 мужчина на появление усиленного сердцебиения, так же после тех же упражнений. Важно, что, по словам участников, это проявлялось и раньше. У мужчины при оценке ЭКГ, по сравнению с исходными измерениями, проявилось повышенное ЧСС более 20 % после силовых упражнений.

При переводе результатов ЭКГ в спокойном состоянии выявлены изменения, часто встречающиеся при сердце, подвергающемся нагрузкам: удлинение с QT (выше 430 мс для женщин и 450 мс для мужчин), дыхательная аритмия, атриовентрикулярная блокада I степени по 10 % случаев.

В ходе оценивания ЭКГ у 5 % человек изменений не обнаружено, но патологические изменения до физической нагрузки были выявлены у 70 % спортсменов, а после тренировок – 95 %.

При обследовании результатов ЭКГ на фоне силовой нагрузки были обнаружены следующие изменения: укорочение интервала PQ (в 10 % случаев), экстрасистолы (20 % случаев), миграция ритма (60 % случаев), удлинение QT (15% случаев). Увеличение частоты сокращений сердца более 20% выявилось у каждого третьего участника, уменьшение частоты сердцебиения наблюдалось у 10 % человек – любителей спорта. Также нужно уделить внимание тому, что при увеличении сердцебиения в 60 % случаев, увеличивалась электрическая систола желудочков.

Среди обследуемых лиц, занимающихся спортом, у которых имелись нарушения качества питания, были выявлены такие изменения как, прирост скорректированного QT выше нормы – 100 % случаев, перегрузка предсердий – 80 % случаев, миграция водителя ритма – 60 % случаев, нарушения ритма сердца – 40 % случаев.

**Выводы.** В ходе обследования и испытаний было обнаружено нарушение качества употребления пищи у 90 % участников, в сравнении с рекомендуемыми нормами ВОЗ. Чаще всего наблюдались: уменьшение потребления белка (70 %), уменьшенное потребление жиров (75 %) и увеличенное потребление углеводов (60 %).

На фоне несбалансированного употребления пищи у людей, участвующих в испытаниях и занимающихся спортивными нагрузками, была повышенной частота выявления метаболических изменений миокарда и выявляются признаки перегрузки объемом двух предсердий. Таким образом, подводя итог вышесказанному, сделаем вывод, что при увеличенных физических нагрузках нужно соблюдать целесообразный рацион питания.

### Литература

1. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов. – М. : Советский спорт, 2005. – 318 с.
2. Борисова О.О. Питание спортсменов: зарубежный опыт и практические рекомендации. – М. : Советский спорт, 2007. – 132 с.
3. Василенко А. Тренинг, питание, спортивная фармакология в бодибилдинге. – М. : RealPump, 2004. – 223 с.
4. Констант Дж. Клиническая диагностика заболеваний сердца: пер. с англ. – М. : БИНОМ, 2010.
5. Кардиология: национальное руководство / под ред. Е.В. Шляхто. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 800 с.
6. Макарова Г.А. Спортивная медицина. Учебник. – М. : Советский спорт, 2003. – 408 с.
7. Полиевский С.А. Основы индивидуального и коллективного питания спортсменов. – М. : Физкультура и Спорт, 2005. – С. 384–448.
8. Макдермид П.У., Стэннард С.Р. Диета с высоким содержанием белка, дополненная сывороткой, в сравнении с диетой с высоким содержанием углеводов: влияние на выносливость при езде на велосипеде // Международный журнал спортивного питания и метаболизма физических упражнений. – 2006. – 16. – С. 65–77.
9. Рогозкин В.А. Тяжелая атлетика и силовые соревнования // Питание в спорте / Моэн Р.М. (Ред.). – BlackwellScienceLtd., 2000. – С. 621–631.

### References

1. Belotserkovsky Z.B. Ergometric and cardiological criteria of physical performance in athletes. – М. : Sovetsky sport, 2005. – 318 p.
2. Borisova O.O. Nutrition of athletes: foreign experience and practical recommendations. – М. : Soviet sport, 2007. – 132 p.
3. Vasilenko A. Training, nutrition, sports pharmacology in bodybuilding. – М. : RealPump, 2004. – 223 p.
4. Constant J. Clinical diagnosis of heart diseases: trans. from English. – М. : BINOM, 2010.
5. Cardiology: national guidelines / ed. by E.V. Shlyakhto. – 2nd ed., reprint. and additional. – М. : GEOTAR-Media, 2015. – 800 p.
6. Makarova G.A. Sports medicine. Textbook. – М. : Soviet sport, 2003. – 408 p.
7. Polievsky S.A. Fundamentals of individual and collective nutrition of athletes. – М. : Physical Culture and Sport, 2005. – P. 384–448.
8. Macdermid P.W., Stannard S.R. A whey-supplemented, high-protein diet versus a highcarbohydrate diet: effects on endurance cycling performance // International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. – 2006. – № 16. – P. 65–77.
9. Rogozkin V.A. Weightlifting and power events // Nutrition in Sport /Maughan R.M. (Ed). – Blackwell Science Ltd., 2000. – P. 621–631.

УДК 378

**УЧИМСЯ ПРАВИЛЬНО МЫСЛИТЬ  
И ПРАВИЛЬНО ВЫРАЖАТЬ МЫСЛЬ**



**WE LEARN TO THINK CORRECTLY AND  
EXPRESS A THOUGHT CORRECTLY**

**Колесников Владимир Павлович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент 105 кафедры,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Энсис Екатерина Ивановна**

кандидат психологических наук,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Терехов Владимир Валерьевич**

кандидат технических наук, доцент,  
заведующий 105 кафедрой,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков

**Аннотация.** В статье авторами исследуется формирование у обучаемого синтетического мышления для обобщенного познания реальности. При развитии такого мышления обучаемый способен на практических занятиях обобщенно оперировать знаниями, используя понятия, категории и классификации. Авторами на основе изученных и исследованных мыслительных конструкций и согласно классификации сознания обучаемого по типу интеллекта установлено, что информационный интеллект зарождает помысел, которому свойственно: реактивность поведения, хаотичность мышления и отсутствия правильной речи, а так же оперативно-цифровой интеллект характеризуется умением конструктивно мыслить и правильно её излагать.

**Ключевые слова:** мышление, интеллект, личность, осознание, обучаемый, социальный интеллект, мотивация, знание, синтез знаний.

**Kolesnikov Vladimir Pavlovich**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor the 105 Department,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Ensis Ekaterina Ivanovna**

PhD in Psychology Sciences,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Terekhov Vladimir Valerievich**

PhD in Technical Sciences,  
Associate Professor Head of  
the 105 Department,  
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

**Annotation.** In the article, the authors investigate the formation of the student's synthetic thinking for the generalized cognition of reality. With the development of such thinking, the student is able to generalize knowledge in practical classes, using concepts, categories and classifications. The authors, based on the studied and researched mental constructions and according to the classification of the student's consciousness by the type of intelligence, found that information intelligence generates a thought, which is characterized by: reactivity of behavior, chaotic thinking and lack of correct speech, as well as operational-digital intelligence is characterized by the ability to think constructively and correctly express it.

**Keywords:** thinking, intelligence, personality, awareness, learner, social intelligence, motivation, knowledge, knowledge synthesis.

**М**ышление, как важнейшая функция сознания, имеет сложную многоуровневую структуру. Мышление является не только функцией сознания, но и является основой познавательной деятельности человека и способом отражения действительности.

Так как мышление существует вне речи, то возникает проблема в познании семантических корней мышления и речи.

Результаты экспериментальных исследований, на основе тестирования обучаемых выявили не только парадигму связи мысли и слова, но и дал возможность классифицировать обучаемых по уровням сознания и типам интеллекта:

- 1) обучаемый со стандартным мышлением использует *информационный интеллект*;
- 2) обучаемый-личность использует *оперативно-цифровой интеллект*;
- 3) обучаемый-индивидуальность владеет *интуитивным интеллектом*;
- 4) обучаемый-интуит пользуется *духовно-интуитивным интеллектом*.

Информационный интеллект формирует у обучаемого, в основном, понятийное мышление, и ментальный процесс рассматривается, как процесс опосредованного *познания действительности*. Опосредованность позволяет ему при помощи умозаключения и мнения раскрыть то, чего он не знает и что желает узнать посредством своего восприятия на начальном этапе образования.

Оперативно-цифровой интеллект во время учебного процесса позволяет увеличить объём памяти обучаемого и ускорить его мышление за счёт компиляции цифровых и информационных потоков познания при использовании Интернет-технологий.

Интуитивный интеллект формирует у обучаемого синтетическое мышление для обобщенного *познания реальности*. При таком мышлении он способен на практических занятиях обобщённо оперировать знаниями, используя понятия, категории и классификации. Итог *познания реальности* – создание мыслительных образов. Воспитание интуитивного интеллекта необходимо для дальнейшего поиска и выбора оптимального решения проблемы, задачи и действия для раскрытия в сознании обучаемого более глубокого познания бытия и понимания причинно-следственных связей, наделяя смыслом каждое своё действие.

Духовно-интуитивным интеллектом, как интеллектом высшего сознания, может владеть обучаемый с духовно-нравственной основой, используя в учебном процессе ментальные конструкции, как для создания образа, так и для образа действия на базе синтеза знаний и новых научных открытий. Интеллект высшего сознания позволит обучаемому использовать общие законы мироздания, соблюдая экологию сознания для его преобразования при помощи фрактального мышления.

Преподаватель, согласно классификации интеллекта, в учебном процессе должен использовать четыре типа мышления:

1) предметно-действенное мышление для преобразовательной деятельности при помощи реальных предметов и наглядных пособий (для обучаемого-стандартника);

2) наглядно-цифровое мышление присуще оперирование информационными потоками, необходимое для формирования воображения (для обучаемого-личности);

3) абстрактно-интуитивному мышлению присуще оперирование образами, которые формируются квантовыми потоками в виде идей и образов, выражаемые вербально (для обучаемого-индивидуальности);

4) фрактально-интуитивному мышлению присуще использование потоков пространства-времени, разума-чувств и высших знаний, принятых сознанием в виде озарения без слов.

Во всех вышеописанных типах мышления следует использовать речь как энергетический алфавит, так как слова участвуют в квантовом потоке, отражая мыслительную конструкцию в виде образа и идеи.

Так как речь и мышление связаны между собой, то очень важно для обучаемого научиться строить конструкцию речи в соответствии с конструкцией мысли. Для этого преподаватель должен вместе с обучаемым пройти интеллектуальный путь от понятийности до интуиции. Его работа состоит из следующих этапов:

- утвердить *желание* учиться для получения выбранной профессии;
- сформировать *мотивацию* для создания направления личной успешности, благоприятной карьеры и служения Родине;
- воспитать *стремление* к обучению;
- проработать «тёмные зоны» личного пространства для возврата растраченных сил за предыдущий жизненный период;
- приобрести командного навык при помощи *творчества*;
- придать *смысл* совершаемому действию;
- обучить высказать *мнение* в процессе словесного выражения согласно мыслительной конструкции;
- научить высказывать своё мнение в виде *утверждения* для развития уверенности в собственном мышлении, как начало стратегического мышления;
- принять *интуитивное решение* «Я знаю», как восприятие квантового потока без применения языкового выражения.

Преподаватель в процессе обучения должен построить учебное занятие на базе общих категорий мышления с учётом типа интеллекта, соблюдая поэтапное их использование:

- понятийность – процесс изучения правил и фундаментальных основ изучаемого предмета;
- умозаключение – знание многих научных представлений для обобщения, с чего начинается конструкция мышления;
- сомнение как состояние ума в процессе поиска взвешенного суждения;
- размышление, как процесс анализа для получения результата выбора направления действий;
- суждение – это начало возникновения конструкции речи согласно мысленной конструкции;
- намерение, как направленность сознания на успешность результата;
- образ действия – создание единого пространственно-временного континуума с ментальным исполнением для получения реализации мысли в действительности;
- осознание – квантовое действие мысли при помощи слияния потоков высшего сознания для реализации мысли в реальности.

Интеллектуальный образ, обучаемого есть совокупность приобретённых знаний и опыта, используемых для действия в личном пространстве. Так как интеллект есть основа намерения и целеполагания для построения стратегии к достижению цели, то следует обратить внимание на воспитание в обучаемом способности к интуитивному решению сложных проблем, т.е. предвидения возможных последствий от предпринимаемых им действий. Такое целевое мышление воспитывает у обучаемого созерцательность, которая исключает мыслительные деформации в структуре мышления, а также устраняет ригидность мышления, т.е. приверженность к шаблонным оценкам, предвзятое отношение к любому явлению. Так как разум направлен на постижение конкретной действительности, то созерцание является постижением реальности и высшей сути вещей.

На начальном этапе образования интеллектуальные возможности обучаемого воспитываются при помощи самоподготовки для эффективности выполнения всех познавательных задач образования.

Затем на среднем этапе образования активно используется искусственный интеллект в виде Интернет-технологий через интерфейс. Он также эффективен в учебных тренингах для отработки полётов.

В дальнейшем при расширении сознания обучаемого приобретается социальный интеллект, как способность организации своего личного пространства для взаимодействий и взаимоотношений и решений ситуативных задач.

Для постижения духовного интеллекта обучаемому необходимо приобрести духовно-нравственные качества и использовать их во взаимоотношениях, взаимодействиях с командой на всех уровнях. Приобретённый образ имеет потенциал силы сознания, и согласно своему восприятию созерцает свои пространственные границы (село, город, страна, Земля, Вселенная) и не имеет ограничения во времени.

Познавая свойства границ своего личного пространства, его сознание входит в поток времени и в состоянии осознания «здесь» (пространство) и «сейчас» (время), обучаемый создает квант энергии для достижения однозначности решения поставленной задачи. «Здесь» является координатой его личного пространства, а «сейчас» – координата времени действия.

Такое личное пространство курсантом воспринимается как квантовая реальность в потоках, состоящих из разума, чувств, информации, знаний. Если же личное пространство не заполнено смыслом, то оно бездейственно.

Введём модель действия в пространстве:

$$L = Ext, \quad (1)$$

где E – энергия субъекта, t – время, затраченное на мыслительный процесс.

Успешность действия зависит от накопленной силы разумных чувств, знаний и сообразительности (проницательности и озарения). В результате этого, за единицу

времени возрастает количество мыслительных операций (действий), и растёт частота вибраций личного пространства, которое приобретает квантовые свойства. Обучаемый начинает действовать в согласии с высшими законами природы. Его пространство объединяется с единым пространственно-временным континуумом.

В зависимости от типа интеллекта обучаемого его личное пространство управляется либо конкретным линейным умом через оценку и анализ, либо силой души, состоящей из разума и чувств. Через воображение возникает абрис образов мышления, которые в процессе учёбы детализируются и совершенствуются за счёт компетенции преподавателя и обучения методам синтеза знаний.

Согласно типу интеллекта обучаемого осознаются границы познания, координаты пространства, образы и смысл действия для решения задачи. Процесс осознания раздвигает границы пространства и времени, в результате чего происходит расширение сознания. Осознавая свой образ и наделяя смыслом свои действия, обучаемый исследует необходимые составляющие явления для познания:

- образ мира,
- образ жизни,
- образ будущего,
- образ прошлого,
- образ действия,
- образ субъекта,
- образ объекта,
- образ мышления и т.д.

Используя методы воображения, обучаемый учится познавать законы жизни и на их основе выстраивать стратегию мышления для решения учебных задач.

Чтобы учиться, избирательно мыслить, обучаемому необходимо пользоваться не только оперативной-информативной базой, но со временем создавать свой индивидуальный образ при помощи следующих средств:

- определение смысла жизни;
- познание своего образа;
- взаимодействие с окружающим миром;
- мотивация и приобретение специальности.

Воспитание, дисциплина, взаимопомощь, самообразование позволит обучаемому пребывать в согласованности действий в группе для того, чтобы в условиях самоподготовки и соревнования наработать силу личности и трансформировать себя в интегрированную личность, развивая свой интеллект на основе синтеза знаний.

Для усиления восприимчивости изучаемого материала обучаемому есть необходимость сомневаться в выборе решения, ибо это заставит его размышлять, а значит рассуждать, т.е. развивать свою рассудочную часть мозга – префронтальную зону.

Рассудок – это часть разума, отвечающего за взаимодействие ума с сердцем. Для приобретения разумных чувств необходимо, прежде всего, нравственное очищение для приобретения добродетелей (мужество, мудрость, целостность, правда). Эти добродетели позволят создать ясность ума и эмоциональную тишину, чтобы обучиться воображению, сообразительности и созерцательной деятельности ума.

Задача любого обучаемого – направить конкретный линейный ум на стратегию исполнения приказа, потому что конкретный ум линейно разбивает сознание на мыслеформы (на этапы), на исполнение действия, что требует много времени и энергии на отработку каждого его шага, этапа и направления. Таков характер мышления человека, пребывающего в трехмерном измерении. В результате формирования единого пространственно-временного континуума, время стало аспектом четвертого измерения и требует от обучаемых его эффективного использования (см. формулу 1) в виде идеи, озарения, образа, стратегии. Для этого потребуются новые методы образования и мышления: креативного, образного, фрактального.

В состоянии «ментальной тишины» (отсутствие беспокойства и страха) у обучаемого развивается предчувствие, пылливость, смекалка, сообразительность, чувство времени и чувство пространства. При этом у обучаемого активизируется кровообра-

щение головного мозга и исключается потеря энергии. Линейный ум включает внимание на максимальную воспринимающую способность, потому что пространство и время объединяются, поскольку единый пространственно-временной континуум имеет квантовую природу, при этом восприятие пространства становится другим, а время – эффективным.

В едином пространственно-временном континууме очищается сознание от лишних мыслеформ, ум «двигает» сознание по эволюционной спирали, устремляя его природу к интуитивно-интеллектуальному совершенствованию.

Приобретённая «внутренняя тишина» и уединение будут способствовать улучшению свойств ума и эффективности обучения при самоподготовке. Конкретный линейный ум подчинится намерению обучаемого к совершенству и ум в конечном итоге приобретёт следующие свойства:

- пластичность ума (гибкость);
- скорость мышления (сообразительность);
- стремление к покою (уединение);
- стремление к свободе (креативность);
- освобождение от образов прошлого (чистота);
- освобождение от грез будущего (реальность).

В результате освобождения линейного ума от объектов привязанностей, т.е. деструктивных образов, искажающих личное пространство, обучаемый приобретает личную силу, как условие роста позитивного мышления.

При соблюдении условий ментальной и эмоциональной тишины обучаемый способен преобразовывать свое механическое, инженерное и логическое мышление в образное позитивное мышление, которое не будет нуждаться в доказательстве и опровержении, поскольку напрямую оперирует с высшим знанием – истиной. Образное мышление создаст базу для интуитивного интеллекта.

Воспитывая интуитивный интеллект, как творческий метод достижения истины, преподаватель требует от курсанта тренировки мышления в состоянии «здесь и сейчас» принять единственно правильное решение и утвердительно высказать своё мнение.

Так как основой интуитивного интеллекта является новый навык обучения в виде стратегического мышления, то образ следует принимать как квант энергии, выступающий основой квантового поля личного пространства и его главной координатой при использовании синтеза знаний. Время и пространство, как координаты его квантового поля, определяют границы его действий. Обучаемый, как личность, укрепляется, и сможет постичь смысл причинно-следственных связей для служения. Внутренняя уверенность и согласованность с высшими законами позволит ему взаимодействовать с общим квантовым полем и приобрести духовно-интуитивный интеллект. В новых интеллектуальных условиях сознание обучаемого будет отражать сознание Вселенной, получая при этом высшие синтетические знания. После этого он примет образ человека-профессионала: сначала с образным, а затем и фрактальным мышлением. Это позволит ему совершить квантовый переход от человеческого сознания в третий тип бытия, где первый тип – материя, второй тип – душа, третий тип – дух.

**Вывод.** На основе изученных мыслительных конструкций и согласно классификации сознания обучаемого по типу интеллекта было установлено:

- информационный интеллект зарождает помысел, которому свойственно реактивность поведения, хаотичность мышления и отсутствия правильной речи;
- оперативно-цифровой интеллект характеризуется умением конструктивно мыслить и правильно её излагать;
- интуитивный интеллект характеризуется творческой инженерной мыслью в виде идеи и словом в потоке для изложения намерения;
- духовно-интуитивному интеллекту присуще озарение и принятие решения свыше вне разума и вне речи.



## Литература

1. Шерозия А.Е. К проблеме сознания и бессознательного психического. Опыт исследования на основе данных психологии установки. – Тбилиси : Изд-во Мецниереба, 1969. – Т. 1.
2. 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. КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – 196 с.
3. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Методические аспекты повышения качества учебно-воспитательного процесса и культуры образования. // Булатовские чтения: материалы III Межд. науч.-практ. конф. (31 марта 2019) в 5 т-х. (сборник статей). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – Т. 5. – 200 с.
4. Диспенза Джо. Развивай свой мозг // Как перестроить разум и реализовать собственный потенциал. – М. : Эксмо, 2019. – 688 с.
5. Гриббин Джон. В поисках кота Шредингера // Квантовая физика и реальность. – М. : РИПОЛ классик, 2018. – 352 с.
6. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Поиск образа действия, как интерактивный метод познания // Материалы XI Межд. науч.-практ. конф. «Научные чтения им. проф. Н.Е. Жуковского». КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – 588 с.
7. Колесников В.П., Энсис Е.И., Терехов В.В. Синтез знаний, как метод воспитания стратегического мышления // Материалы X Межд. науч.-практ. конф. «Научные чтения им. проф. Н.Е. Жуковского». КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – 588 с.
8. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб. : Питер, 2008. – 713 с.
9. Узнадзе Д.Н. Основные положения теории установки // Труды. – Тбилиси : Мецниереба, 1977. – Т. 6. – С. 263–326.

## References

1. Sherozia A.E. To the problem of the conscious and unconscious mental. Experience of research on the basis of the data of attitude psychology. – Tbilisi : Metsniereba Publishing House, 1969. – Vol. 1.
2. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V. Research of innovative educational technologies of military specialists training based on methods of information, mechanical and synthetic knowledge // Monograph. KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2019. – 196 h.
3. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V. Methodological aspects of improving the quality of the educational process and the culture of education. // Bulatov's readings: materials of III Int. nauchno-prakt. conf. (March 31, 2019) in 5 vols. (Collection of articles). – Krasnodar : Publishing House – South, 2019. – Vol. 5. – 200 p.
4. Dispenza Joe. Develop your brain // How to rebuild the mind and realize your own potential. – M. : Exmo, 2019. – 688 h.
5. Gribbin John. In search of Schrodinger's cat // Quantum physics and reality. – M. : RIPOL classic, 2018. – 352 h.
6. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V.. Search for an image of action as an interactive method of cognition // Materials XI Int. nauch.-prakt. conf. «Scientific readings them. prof. N.E. Zhukovsky». KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – 588 p.
7. Kolesnikov V.P., Ensis E.I., Terekhov V.V. Synthesis of knowledge as a method of education of strategic thinking // Proceedings of X Int. nauch. conf. «Scientific readings of Prof. N.E. Zhukovsky». KVVAUL. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – 588 p.
8. Rubinstein S.L. Fundamentals of general psychology. – SPb. Peter, 2008. – 713 p.
9. Uznadze D.N. Basic Theories of Attitude Theory // Proceedings. – Tbilisi : Metsniereba, 1977. – Vol. 6. – P. 263–326.

УДК 378

**РАЗВИТИЕ ТЕНДЕНЦИИ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ  
СРЕДИ МОЛОДЁЖИ XXI ВЕКА**



**DEVELOPMENT OF HEALTHY LIFESTYLE TRENDS AMONG  
THE YOUTH OF THE XXI CENTURY**

**Питкин Виктор Александрович**  
старший преподаватель кафедры,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
irvik25@mail.ru

**Орденко Юлия Александровна**  
студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
ordenko2000@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена тенденция развития здорового образа жизни среди молодежи. Освещена актуальность данной темы, а также подробно рассмотрены факторы, способствующие развитию популярности здорового образа жизни в XXI веке.

**Ключевые слова:** здоровый образ жизни, общественное здоровье, спорт, правильное питание, здоровый отдых.

**Pitkin Viktor Aleksandrovich**  
Senior lecturer of the Department,  
Kuban State Technological University  
irvik25@mail.ru

**Ordenko Yulia Aleksandrovna**  
Student,  
Kuban State Technological University  
ordenko2000@mail.ru

**Annotation.** The article considers the trend of developing a healthy life style among young people. The relevance of this topic is highlighted, and the factors contributing to the popularity of a healthy lifestyle in the XXI century are discussed in detail.

**Keywords:** healthy life style, public health, sports, proper nutrition, healthy rest.

**Х** XI век – время больших скоростей, огромного потока информации, быстрой смены событий, поэтому каждому человеку нужно найти свой мир, свое окружение и свои интересы. XXI век отличается от других веков развитием техники, информатизации, компьютеризации.

Однако общественное мнение, СМИ формируют у подросткового поколения потребительское отношение к жизни. Бытует мнение, что попробовать в этой жизни нужно все, а значит и алкоголь, и табак, и наркотики.

Соответственно, становится актуальной проблема наркотической зависимости у молодежи, отсюда асоциальное поведение, ухудшение здоровья, снижение умственного и творческого потенциала.

Физкультурой и спортом занимаются далеко не все молодые люди, многих освобождают по медицинским показаниям. Таким образом, в современном обществе существует ряд проблем, связанных со здоровьем подрастающего поколения.

Актуальность здорового образа жизни вызвана также возрастанием и изменением характера нагрузок на организм человека в связи с усложнением общественной жизни, увеличением рисков техногенного, экологического, психологического, политического и военного характера, провоцирующих негативные сдвиги в состоянии здоровья.

Именно поэтому все большую распространенность получает тенденция ведения здорового образа жизни.

Особую актуальность в последнее время приобретают вопросы здорового образа жизни молодежи. В России общественному здоровью всегда уделялось большое внимание. Следует отметить, что наиболее значимой социальной группой в вопросе пропаганды и информирования о важности активного и здорового образа жизни являются именно молодые люди, в частности дети школьного возраста. Так как в этот период происходит формирование системы ценностей человека, становление его в морально-нравственном плане.

Популярность нового стиля жизни набирает обороты не только среди известных всему обществу личностей, но и среди обычных людей.

Еще пару лет назад такие понятия, как правильные продукты, физические нагрузки, состав продуктов не были на таком широком слуху. Лишь единицы задумы-

вались о профилактике здорового образа жизни среди молодежи. Виновником такой ситуации настроения в обществе в те времена была считающая себя взрослой молодежь. Которая стремилась вырваться из-под опеки родителей, старалась всеми силами продемонстрировать свою «взрослость», перенимая у взрослого поколения не самые полезные привычки: курение, алкоголь, фастфуд и другую малополезную еду, малоактивный образ жизни.

В настоящее же время проблема перехода к правильному питанию и физической активности с каждым днем становится все актуальнее. Если раньше всевозможные ресурсы пестрили информацией об изнуряющих диетах, которые подрывали здоровье и психику человека и при том не имели никакого ожидаемого результата, то сегодня, несомненно, благодаря широкой пропаганде здорового образа жизни среди молодежи, молодое поколение стало более образованным и разборчивым в этой теме.

К счастью, молодежь начала осознавать, что для того, чтобы поддержать отличное здоровье и форму, не нужны изнуряющие диеты, сомнительные препараты и прочее.

Многие подростки стали понимать, что для здоровья важно правильное питание, физические нагрузки, полноценный сон. Спорт стал более популярным, в связи с тем, что все хотят заниматься своим телом.

Физические нагрузки в короткие сроки становятся привычным делом для каждого, кто хочет поддержать тело и дух в тонусе и ежедневно тренировать организм.

В связи с тем, что к здоровому образу жизни присоединяются новые и новые последователи, все большее количество людей замечено на занятиях в спортивных и тренажерных залах. Физические нагрузки помогают поддержать тело в форме, избавиться от лишних килограммов и увеличить мышечную массу.

Занятие физическими нагрузками также оказывают положительное воздействие на наш внутренний мир: формируют характер, развивают силу воли, стойкость и выносливость.

Спорт делает нас счастливыми, так как во время физических упражнений организм выделяет эндорфин – гормон счастья. В эмоциональном плане человек получит настоящее удовлетворение от проделанной работы, будет гордиться собой, что тоже очень важно.

Не стоит забывать, что различные физические занятия подходят далеко не всем и каждому. Чтобы спорт приносил пользу не только физическую, но и моральную, следует выбирать занятия в соответствии со своими предпочтениями и способностями.

Извечное стремление людей быть здоровыми и работоспособными привело к тому, что в последнее время много внимания стало уделяться рациональному питанию как одному из важных компонентов здорового образа жизни.

Правильное, научно обоснованное питание – это важнейшее условие здоровья, работоспособности и долголетия человека.

Здоровый рацион содержит в себе всё то, чего несколько лет назад либо и в помине не было в рационе человека, либо было, но лишь изредка: каши, творог, фрукты и овощи, цельнозерновые продукты, хлебцы и так далее. Теперь же каких только рецептов блюд, содержащих исключительно полезные продукты, не найти в интернете.

Не меньшую популярность набирает правильное питание и среди известных поваров, чьи рецепты содержат в себе только полезные правильные ингредиенты. «Переломный момент» к набору популярности всех данных продуктов перешел тогда, когда люди осознали, что питаться правильно вовсе не значит невкусно. Скорее наоборот, полезный рацион поражает разнообразием блюд, вкусом и красотой подачи, которые не уступают фастфуду и сладостям.

Конечно, в ведении здорового образа жизни не стоит забывать о полноценном отдыхе. Он включает в себя, в первую очередь, достаточное количество сна. Сон поможет не только чувствовать себя лучше, но и обрести безупречный внешний вид, избавиться от ощущения усталости и нежелательных синих кругов под глазами.

И не стоит забывать об активном отдыхе: поездок на природу, прогулок с любимым питомцем, встреч с друзьями. Такая активность поможет вам обрести душевный покой и сохранять оптимистичный настрой.

Правильный образ жизни затрагивает все сферы жизни человека и его деятельности, что предопределяет и то, что он оказывает непосредственное влияние на моду. Несомненно, популярные спортивные образы приходят на смену гламурным нарядам.

Выйти на прогулку или по делам в спортивном костюме – это не то, что стыдно или неприлично, это сейчас – супермодно. Надеть спортивную обувь с классическим костюмом на работу – стильно и круто. Кроссовки в течение последних нескольких лет набирают все большую популярность и сейчас становятся неотъемлемой частью в гардеробе любого модника.

Еще одним не менее значимым пунктом для придерживающихся здорового образа жизни людей является одежда, предназначенная непосредственно для физических упражнений. Каждый современный магазин обеспечивает своим покупателям выбор всевозможных вариантов спортивной одежды, и этому есть объяснение: спорт сейчас в моде.

Стоит отметить, что еще одной причиной популярности здорового образа жизни является так называемый образ успешного человека. Современный образ успешного человека, который опять же создается не без помощи СМИ, одним из наиболее важных критериев включает в себя визуальную привлекательность человека. Другими словами, для того чтобы высоко подняться по карьерной лестнице, желательно иметь соответствующий внешний вид, который будет приятен собеседнику и будет успешно представлять компанию в лице современного и красивого сотрудника. Человек, ведущий здоровый образ жизни, следящий за своей физической формой, ухаживающий за внешностью, выглядит привлекательно. Да и соображают такие люди обычно хорошо. Работодатели рассуждают приблизительно так: «Этот стройный и опрятно одетый человек уделяет время уходу за собой, а это говорит о его организованности. Отличное качество – именно то, что нужно для работы».

Популяризация здорового образа жизни среди молодежи, в действительности, привела колоссальным результатом, изменившим не только внешнее, но и внутреннее состояние молодежи.

Прошло то время, когда постоянное распитие спиртного с друзьями считалось нормой. Сегодня общество пытается оздоровиться, и поэтому продвинутая молодежь и уважающие себя люди любого возраста отказываются от пагубных привычек.

Можно сказать, что здоровый образ жизни человека нынче в моде. Его теперь считают новой «фишкой», «трендом» грядущей прогрессивной эры нашей цивилизации.

Человек без вредных привычек совершенно по-другому смотрит на мир: ведь у него по утрам не болит голова, и он остаток дня не бегаёт в поисках «дозаправки».

У ведущих здоровый образ жизни людей есть не только перспективы, но и реальные возможности, потому что свою активную и пассивную деятельность они направляют в правильное русло.

Человек, чей разум ничем не затуманен и не задурманен, способен рационально мыслить и в прямом смысле этого слова трезво рассуждать.

Он способен противостоять любым проблемам и решать задачи различной категории сложности: ведь в его руках сильнейшее оружие – его свободный от воздействия вредных химических веществ интеллект.

Мы сами выбираем свой путь. Но если здоровый образ жизни человека – это движение вперед к успеху и саморазвитию, то дружба с алкоголем и другими «неблагополучными товарищами» – это прямой путь в бездну.

### Литература

1. URL : [tjournal.ru/science/184227-fizicheskaya...zhizni...21](http://tjournal.ru/science/184227-fizicheskaya...zhizni...21).
2. URL : [medconfer.com/node/10988](http://medconfer.com/node/10988).
3. URL : [infourok.ru/proekt-cennosti-zozh-v-molodezhnoy...](http://infourok.ru/proekt-cennosti-zozh-v-molodezhnoy...)
4. URL : [cyberpedia.su/5xb298.html](http://cyberpedia.su/5xb298.html).
5. URL : [elibrary.ru/Другие\\_новости?id=35191331](http://elibrary.ru/Другие_новости?id=35191331).
6. URL : [psu.ru/files/docs/science/books...kultura...zhizni.pdf](http://psu.ru/files/docs/science/books...kultura...zhizni.pdf).

### References

1. URL : [tjournal.ru/science/184227-fizicheskaya...zhizni...21](http://tjournal.ru/science/184227-fizicheskaya...zhizni...21).
2. URL : [medconfer.com/node/10988](http://medconfer.com/node/10988).
3. URL : [infourok.ru/proekt-cennosti-zozh-v-molodezhnoy...](http://infourok.ru/proekt-cennosti-zozh-v-molodezhnoy...)
4. URL : [cyberpedia.su/5xb298.html](http://cyberpedia.su/5xb298.html).
5. URL : [elibrary.ru/Другие\\_новости?id=35191331](http://elibrary.ru/Другие_новости?id=35191331).
6. URL : [psu.ru/files/docs/science/books...kultura...zhizni.pdf](http://psu.ru/files/docs/science/books...kultura...zhizni.pdf).

УДК 376.23

**РОЛЬ АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ  
В РАЗВИТИИ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗА**



**ROLE OF ADAPTIVE PHYSICAL CULTURE  
IN PERSONALITY DEVELOPMENT OF UNIVERSITY STUDENTS**

**Питкин Виктор Александрович**  
старший преподаватель кафедры,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
irvik25@mail.ru

**Синько Ольга Викторовна**  
преподаватель  
кафедры физического воспитания и спорта,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
olgasinko73@yandex.ru

**Тюпенькова Галина Евгеньевна**  
старший преподаватель  
кафедры физического воспитания и спорта,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
galmasbas@mail.ru

**Аннотация.** Студенты России являются основным трудовым резервом, ресурсом нашей страны, но состояние здоровья российских студентов не соответствует требуемому уровню, так как с каждым годом политико-экономическая обстановка, процесс обучения в высших учебных заведениях, социальное давление вызывает у студентов нервно-психическое напряжение, что способствует возникновению стрессовых ситуаций. В связи ухудшением состояния здоровья студентов физическая культура становится востребована все больше. Технология обучения на занятиях должна включать: образовательные, валеометрические и практические модули. Началом образовательного процесса считается разработка преподавателя со студентами индивидуальной, комплексной программы развития с учетом персональных особенностей здоровья. Претворение в жизнь таких персональных программ оздоровления посредством адаптивной физической культуры, а также ее методами и способами может эффективно повлиять на оздоровление студентов с особенностями в их развитии.

**Ключевые слова:** адаптивная физическая культура, здоровье студентов, технология, мотивация.

**Pitkin Viktor Aleksandrovich**  
Senior lecturer of the Department,  
Kuban State Technological University  
irvik25@mail.ru

**Sinko Olga Viktorovna**  
Lecturer at the Department of  
Physical Education and Sports,  
Kuban State Technological University  
olgasinko73@yandex.ru

**Tyupenkova Galina Evgenievna**  
Senior Lecturer of the Department  
Physical Education and Sports,  
Kuban State Technological University  
galmasbas@mail.ru

**Annotation.** Russian students are the main labor reserve, a resource of our country, but the state of health of Russian students does not correspond to the required level, since every year the political and economic situation, the process of studying in higher educational institutions, social pressure causes neuropsychic stress among students, which contributes to the occurrence of stressful situations. In connection with the deteriorating health status of students, physical culture is becoming more and more in demand. The teaching technology in the classroom should include: educational, valeometric and practical modules. The beginning of the educational process is considered to be the development of an individual, comprehensive development program by a teacher with students, taking into account personal health characteristics. Implementation of such personal health improvement programs through adaptive physical culture, as well as its methods and methods, can effectively influence the health improvement of students with special needs in their development.

**Keywords:** adaptive physical culture, students' health, technology, motivation.

**В** Российской Федерации особое внимание уделяется формированию концепции индивидуального подхода к образованию. Наибольший упор в данной концепции уделяется формированию эффективного обучения лиц с особенностями психофизического развития и адаптации инвалидов, их интеграции в общественную жизнь. При этом возрастает актуальность приобщения студентов к занятиям физической культурой и спортом, так как экологические условия, уровень жизни населения и другие факторы оказывают негативное влияние на здоровье молодежи, которое каж-

дый год демонстрирует тенденцию к ухудшению. Значительную роль в данном процессе занимает адаптивная физическая культура [1].

Адаптивная физическая культура является комплексом физкультурно-оздоровительных мероприятий, которые, прежде всего направлены на адаптацию к стандартной социальной среде людей с ограниченными возможностями, преодоление каких-либо психологических барьеров, которые в той или иной степени мешали студентам с ограниченными возможностями чувствовать себя частью общества, функциональной единицей, а также осознавать необходимость личного вклада в социальное развитие общества, государства [2].

В основном в процессе проведения занятий преподаватели адаптивной физической культуры делают упор на физические упражнения, а также природные и гигиенические факторы. Главную роль среди них занимают физические упражнения, благодаря которым учитель оказывает воздействие на студентов с ограниченными возможностями, решает совместно с ними коррекционные задачи [3].

Исследователи, изучающие адаптивную физическую культуру, включают в нее четыре компонента (рис. 1) [4].

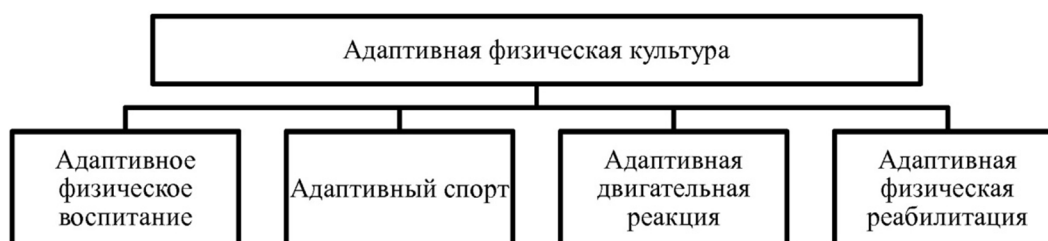


Рисунок 1 – Составляющие адаптивной физической культуры

Таким образом, адаптивная физическая культура представляет собой широкий социальный феномен, цель которого - социализировать личность человека с ограниченными возможностями здоровья, поднять качество жизни на новый уровень, наполнить жизнь новым смыслом, общением, эмоциями.

Гиподинамика современного мира диктует свои правила, а психическое здоровье напрямую связано с физической активностью. Поэтому особое внимание следует уделить адаптивному обучению студентов с нарушениями здоровья и противопоказаниями к занятиям физкультурой. Ежегодно 15 % студентов, направляются врачами в специальные группы физической подготовки.

Организация физкультурно-спортивной деятельности с данными студентами должна осуществляться по индивидуально-дифференцированным программам в зависимости от заболевания, что позволит сохранить и укрепить их здоровье. Организация занятий в медицинских группах значительно отличается от стандартной, так как в программу курса входят теоретическая подготовка, практический материал и адаптивная физическая активность.

Значимость адаптивной физической культуры в студенческой жизни человека обусловлена следующими факторами: рационально организованный режим активности обучающегося является условием способности поддержания физической и умственной активности, развития профессиональных качеств, становления морально-волевых и духовно-нравственных качеств, формирования активной социальной позиции.

Традиционными средствами адаптивного физического воспитания студентов вуза являются физические упражнения, спортивные игры, ресурсы окружающей природы, а также такие факторы, как распорядок дня, чередование активности и отдыха, правильное питание, гигиена, соблюдение принципов здорового образа жизни. Максимальный оздоровительный и развивающий эффект может быть реализован при условии комплексного использования выделенных средств физической культуры.

Технология адаптивной физической культуры является очень сложной в связи со следующими факторами [6]:

- изобилие видов отклонений в состоянии здоровья студентов;
- сложность определения базовой и оптимальной величины нагрузки с учетом противопоказаний;
- сложность выбора средств и методов адаптивной физической культуры;

– сложность выбора показателей контроля состояния здоровья и динамики подготовленности в условиях высшего учебного заведения.

Все эти факторы препятствуют достижению высокого уровня развития адаптивной физической культуры в вузах России. Решение этих проблем – очень важная задача, так как физическая активность необходима не только большинству здоровых студентов, но и студентам с ограниченными возможностями [7].

Разработка технологического адаптивного физического воспитания может быть представлена в виде следующих последовательных шагов (табл. 1).

**Таблица 1** – Этапы технологии адаптивного физического воспитания

№	Наименование этапа	Характеристика
1	Сбор информации	На данном этапе педагог должен собрать информацию об объекте, чтобы понять какие конкретно отклонения имеет студент. Преподаватель изучает анамнез и информацию об уровне функциональной и физической подготовке студента.
2	Анализ информации	Определяется реальная цель, которую планирует достигнуть преподаватель вместе со студентом в ходе занятий, так как они должны способствовать повышению функциональных возможностей обучаемого.
3	Выбор методики АФК	На данном этапе также принимается решение о стратегии АФК.
4	Планирование и реализация программы	Оздоровительно-реабилитационные занятия адаптивной физической культурой должны включать подготовительную, основную и заключительную части. При этом необходимо учитывать уровень физической подготовленности студентов и последовательность выполнения двигательных заданий.
5	Контроль результатов	Контроль за величиной тренировочной нагрузки, на основе результатов которого вносятся изменения в стратегию занятий.

Известно, что общепринятая методика преподавания физической культуры студентам с отклонением здоровья недостаточно формирует мотивацию к здоровому образу жизни и занятиям физическими упражнениями.

Стимулировать интерес студента к занятиям адаптивной физической культурой можно посредством повышения качества и проведение занятий по физическому воспитанию, ростом педагогических усилий по приближению субъективных желаний участвующих в выполнении задания к объективным заданиям физического воспитания [8].

Такой комплексный подход к работе со студентами с отклонениями в здоровье заключается в применении физических нагрузок, независимости, индивидуальном подходе, хорошей технологии обучения, привлекательной личности преподавателя, а также его заинтересованности в работе и доброжелательном отношении к обучающимся студентам, новизне упражнений.

Таким образом, адаптивная физическая культура является составной частью общей физической культуры и играет важную роль в социализации личности студента с отклонениями в состоянии здоровья, потому как она оказывает огромное и многостороннее воздействие на сущностные стороны человека, развивая его духовно и физически. Современная организация физкультурно-спортивной деятельности, основанная на новых формах учебного процесса, будет формировать у студентов спортивную культуру, мотивацию и интерес к спортивному образу жизни в будущем.

### Литература

1. Питкин В.А. Проблемы и перспективы развития адаптивной физической культуры // Актуальные вопросы реабилитации, лечебной и адаптивной физической культуры, и спортивной медицины: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Челябинск, 05–06 июня 2018 г.) / Под ред. д.м.н. проф. Е.В. Быкова. – Челябинск : УралГУФК, 2018. – 430 с.
2. Водопьянова А.А. Адаптивная физическая культура для студентов с ограниченными возможностями здоровья // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – URL : <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006839>.

3. Роль адаптивной физической культуры в развитии личности студентов в педагогическом вузе / Г.А. Литвина [и др.] // МНКО. – 2019. – № 3 (76). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-adaptivnoy-fizicheskoy-kultury-v-razvitii-lichnosti-studentov-v-pedagogicheskom-vuze>.
4. Баринов А.Н. Методы физического воспитания студентов адаптивной физической культуры в высших учебных заведениях // Современная система образования: теория и методика физического воспитания. – 2019. – С. 190–193.
5. Федякина Л.К., Кортанова Ж.Г., Скорик Н.В. Технология адаптивного физического воспитания студентов на занятиях физической культурой в вузе // Международный научный журнал «Символ науки». – 2015. – № 11. – С. 167–169.
6. Воронов Н.А. Адаптивная физическая культура и здоровье // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – № 8. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnaya-fizicheskaya-kultura-i-zdorovi>.
7. Воронов Н.А. Современные вопросы адаптивной физической культуры // Эпоха науки. – 2018. – № 14. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-voprosy-adaptivnoy-fizicheskoy-kultury>.

### References

1. Pitkin V.A. Problems and prospects for the development of adaptive physical culture // Actual problems of rehabilitation, therapeutic and adaptive physical culture, and sports medicine: Materials of the All-Russian scientific and practical conference (Chelyabinsk, June 05–06, 2018) / Ed. Doctor of Medicine prof. E.V. Bykova. – Chelyabinsk : UralSUPC, 2018. – 430 p.
2. Vodopyanova A.A. Adaptive physical education for students with disabilities // Materials of the X International Student Scientific Conference «Student Scientific Forum». – URL : <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006839>.
3. The role of adaptive physical culture in the development of students' personality in a pedagogical university / G.A. Litvina [et al.] // MNKO.2019. – № 3 (76). – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-adaptivnoy-fizicheskoy-kultury-v-razvitii-lichnosti-studentov-v-pedagogicheskom-vuze>.
4. Barinov A.N. Methods of physical education of students of adaptive physical education in higher educational institutions // Modern education system: theory and methodology of physical education. – 2019. – P. 190–193.
5. Fedyakina L.K., Kortanova J.G., Skorik N.V. Technology of adaptive physical education of students in physical education classes at the university // International scientific journal «Symbol of Science». – 2015. – № 11. – P. 167–169.
6. Voronov N.A. Adaptive physical culture and health // International Journal of Humanities and Natural Sciences. – 2018. – № 8. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnaya-fizicheskaya-kultura-i-zdorovi>.
7. Voronov N.A. Modern issues of adaptive physical culture // Epoch of Science. – 2018. – № 14. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-voprosy-adaptivnoy-fizicheskoy-kultury>.



УДК 378.14

## ФИЗИЧЕСКОЕ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СТУДЕНТОВ В ПЕРИОД САМОИЗОЛЯЦИИ



### ROLE OF ADAPTIVE PHYSICAL CULTURE IN PERSONALITY DEVELOPMENT OF UNIVERSITY STUDENTS

**Питкин Виктор Александрович**  
старший преподаватель кафедры,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
irvik25@mail.ru

**Еременко Вера Николаевна**  
преподаватель  
кафедры физического воспитания и спорта,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
vera\_er\_ko@mail.ru

**Аннотация.** Цель данной статьи состоит в анализе собранных данных путем проведения опроса среди студентов 3 курса очной формы обучения и определении изменений физического и психоэмоционального состояния обучающихся, связанных с переходом на дистанционную форму обучения в связи с введением режима самоизоляции в г. Краснодар. Актуальность изучения данной темы связана с тем, что в Российской Федерации, начиная с марта 2020 года, был введен режим самоизоляции, ограничивающий передвижение, как между городами, так и внутри них. Свою работу продолжали лишь медицинские организации, организации, работающие в условиях чрезвычайных обстоятельств и те, что обеспечивают товарами первой необходимости. Другие организации были вынуждены переводить свою работу в дистанционный режим в связи с распространением коронавирусной инфекции (COVID-19).

**Ключевые слова:** психоэмоциональное состояние, физическое состояние, студенты, дистанционное обучение, самоизоляция.

**Pitkin Viktor Aleksandrovich**  
Senior lecturer of the Department,  
Kuban State Technological University  
irvik25@mail.ru

**Eremenko Vera Nikolaevna**  
Lecturer at the Department of  
Physical Education and Sports,  
Kuban State Technological University  
vera\_er\_ko@mail.ru

**Annotation.** The purpose of this article is to analyze the collected data by conducting a survey among third-year full-time students and determining changes in the physical and psycho-emotional state of students associated with the transition to distance learning in connection with the introduction of a self-isolation regime in Krasnodar. The relevance of studying this topic is due to the fact that in the Russian Federation, starting in March 2020, a self-isolation regime was introduced, restricting movement, both between cities and within them. Only medical organizations, organizations operating in emergency situations and those that provide essential goods continued their work. Other organizations have been forced to relocate their work due to the spread of coronavirus infection (COVID-19).

**Keywords:** psycho-emotional state, physical condition, students, distance learning, self-isolation.

Весной 2020 года во всем мире сложилась сложная эпидемиологическая ситуация, которая привела к введению режима самоизоляции в нашей стране. Студенты, вынужденные перейти на дистанционное обучение, не были исключением. Студенты, много времени проводили в учебных заведениях, занимаясь физической культурой и в спортивных секциях, им в это время было отказано. В еще более тяжелом положении находятся студенты специальных медицинских групп, нуждающиеся в особом режиме и контроле на занятиях физической культурой. Практически вся физическая активность была сосредоточена вокруг дома. Кроме того, особенно важную роль сыграли мотивация и самосознательность студентов сформировавшаяся во время обучения к самостоятельным физическим упражнениям и самостоятельной учебе в это время [1].

Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников [2]. Как показывают результаты ряда исследований, в ситуации непрогнозируемого перехода на дистанционное обучение не каждый обучающийся имел доступ к цифровым устройствам или Интернету дома, мно-

гие испытывали трудности с освоением программ для обучения онлайн или с приобретением технических устройств [3; 4; 5; 6; 7].

Еще одной глобальной проблемой стала ситуация вынужденной самоизоляции, непривычная для нормального хода жизни человека. В связи с невозможностью передвигаться даже внутри городов люди были вынуждены большую часть своего времени проводить за компьютером, сокращать свою физическую активность и ограничиваться в живом общении с людьми, что не могло не повлиять на общее состояние.

Объектом исследования являются студенты образовательных учреждений [8, 9], оказавшиеся в период самоизоляции на дистанционном обучении.

Предметом исследования является образ жизни студентов, отношение к спорту и психоэмоциональное состояние, возникшее из-за утраты некоторых социальных связей и изменения физической активности [9, 10, 11].

В проведенном опросе приняли участие 87 студентов 3 курса очной формы обучения.

Анализ опроса студентов о их состоянии в период самоизоляции.

Среди опрошенных наиболее часто встречаются положительное отношение к дистанционной форме обучения, однако 35 % относятся к дистанционному обучению считают иначе. Дополнительно опрошенные назвали в чем они видят недостатки такой формы обучения (табл. 1).

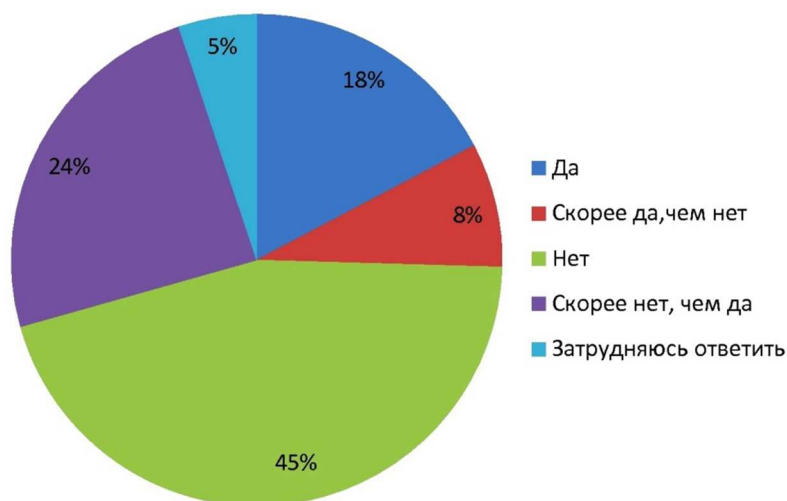
**Таблица 1** – Основные недостатки дистанционного обучения

Основные недостатки	Количество недовольных, %
Увеличение объема работы	49,4 %
Отсутствие «живых» коммуникаций с другими участниками образовательного процесса	73,6 %
Несовершенство организации обучения	100 %
Ухудшение физического состояния	93,1 %

Возможно, данные недостатки были вызваны тем, что переход на дистанционное образование был внезапен для многих вузов страны.

Среди положительных моментов опрашиваемые отмечали: не тратить время и деньги на проезд (39 %), больше свободного времени на свои увлечения (95,4 %), возможность учиться не выходя из дома (77 %). Однако не смотря на все преимущества такого типа обучения, большая часть студентов все же не желает продолжать обучаться в таком формате (рис.1).

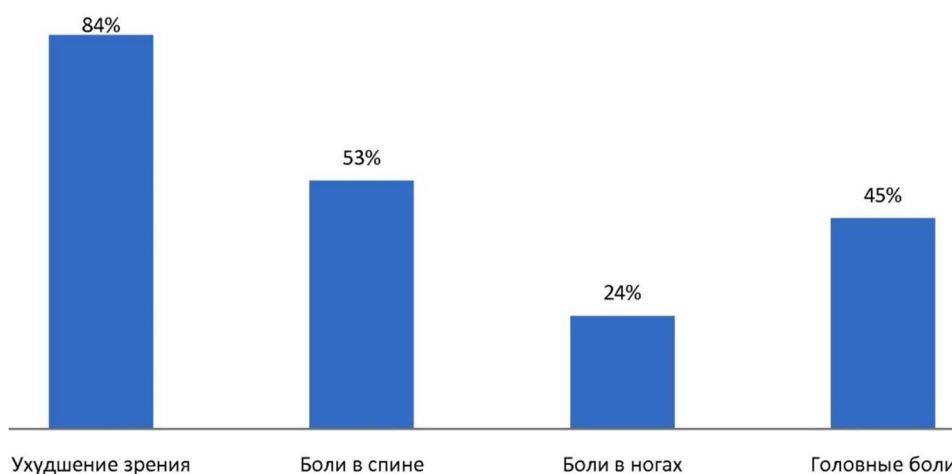
Как можно увидеть больше трети студентов не хочет возвращаться к дистанционному обучению, что гораздо больше, чем тех, кто все же желает продолжать такое обучение.



**Рисунок 1** – Распределение ответов студентов на вопрос «Хотели ли бы вы продолжить обучение дистанционно?»

Таким образом, оказавшись в ситуации вынужденной самоизоляции и дистанционной формы обучения, большинство студентов имеют достаточный уровень обеспеченности необходимыми ресурсами, однако подавляющая часть все же считают дистанционное обучение недостаточно эффективным. Основными недостатками такой формы обучения опрошенные считают отсутствие возможности «живого взаимодействия» с участниками образовательного процесса, увеличение объема работы и несвоевременный контроль. Однако есть и ряд достоинств, среди которых – пребывание в кругу близких родственников и экономия времени и средств на передвижение, возможность заниматься хобби и саморазвитием. Помимо прочего все студенты за период нахождения на дистанционном обучении почувствовали ухудшение физического состояния.

Поскольку дистанционное обучение неразрывно связано с техническими устройствами, это подразумевает под собой и то, что все обучающиеся будут находиться за компьютерными устройствами гораздо больше времени, чем при обычном очном обучении. Результаты опроса по поводу того какие негативные последствия на свой организм почувствовали студенты приведены на рисунке 2.

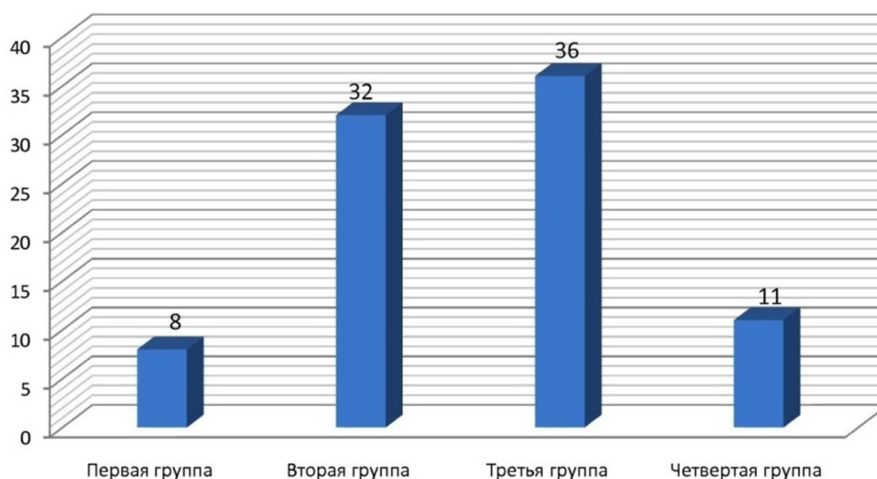


**Рисунок 2** – Распределение ответов студентов на вопрос «Какое негативное влияние на ваш организм оказало дистанционное обучение?»

Как показал опрос наиболее часто студенты жалуются на ухудшение зрения, чуть больше половины стали чувствовать боль в спине, меньше половины на протяжении такой учебы чувствовали головные боли и менее одной трети отзывались о том, что испытывали боль в ногах. Из 87 студентов 73 человека (84 %) пожаловались на снижение качества зрения. Часть из опрошенных прошли обследование у офтальмолога и подтвердили ухудшение зрения у врача. 46 студентов (53 %) испытывали боли в спине из-за долгого нахождения в одной позе. 21 человек указал на то, что испытывал боли в ногах из-за резко сократившихся физических нагрузок. При этом из-за напряженного зрительного аппарата 39 человек периодически испытывали головные боли разной силы.

Исходя из всего вышепредставленного можно сделать вывод, что резкий переход на дистанционное обучение повлекшее за собой внезапное сокращение физической активности и увеличение времени нахождения перед компьютерными устройствами негативно сказался на физическом состоянии студентов.

Эмоциональные состояния – это психические состояния, которые возникают в жизненном процессе субъекта и определяют не только уровень обмена информацией и энергией, но и направление поведения. Эмоции контролируют человека гораздо больше, чем кажется на первый взгляд. И именно изменения эмоционального состояния в наибольшей степени могли отмечать у себя студенты. Для простоты опроса эмоциональные состояния были разделены на 4 группы. В первую группу входят страх, стресс и ощущение тревоги. Во вторую, низкая мотивация и скука. В третью, комфорт и расслабленность. В четвертую вошли радость и приливы энергии. Результаты опроса дали следующий результат (рис. 3)



**Рисунок 3** – Результаты опроса по эмоциональному состоянию

Как можно видеть из представленной выше диаграммы, группы студентов разделились примерно одинаковым образом между второй группой и третьей, а так же первой и четвертой. 36 студентов из числа опрашиваемых испытывали комфорт и расслабленность во время обучения. Это можно объяснить тем что люди учились находясь в комфортных для себя условиях в своих собственных домах. По той же причине 32 человека испытывали скуку и низкую мотивацию к учебе, поскольку не были как либо ограничены по времени. Всего лишь 11 человек испытывали радость и приливы энергии во время обучения. А 8 человек во время учебы испытывали стресс, в большей степени это вызвано тем что, что во время учебы бывали моменты когда студенты не могли выйти в учебную среду по техническим причинам.

Таким образом можно сделать вывод о том, что дистанционное обучение, вызванное введением режима самоизоляции в значительной степени отразилось как на физическом состоянии, так и на психоэмоциональном. Увеличение времени нахождения за компьютерными устройствами привело к общему ухудшению состояния здоровья опрашиваемых, в то время как нахождение в домашних условиях и увеличение объема выполняемых работ привело к изменению в психоэмоциональном состоянии студентов.

### Литература

1. Влияние дистанционной формы обучения на функциональную и физическую подготовленность студентов специальной медицинской группы / Н.А. Ульянова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 5. – URL : <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=30210> (дата обращения: 31.05.2021).
2. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 31.07.2020) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/9ab9b85e5291f25d6986b53\\_01ab79c23f0055ca/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/9ab9b85e5291f25d6986b53_01ab79c23f0055ca/) (дата обращения: 14.05.2021).
3. Милкус А. Мир после пандемии: вузы уходят на дистанционку и уже не вернуться? [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.kp.ru/daily/27114/4193198/> (дата обращения: 20.05.2021).
4. Орусова О.В. Как коронавирус изменил систему высшего образования: анализ перехода вузов на дистанционное обучение // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. – 2020. – № 3. – DOI: 10.26653/2076-4650-2020-3-17
5. Плетнева Ю.Э., Очирова Г.Н. Влияние пандемии COVID-19 на положение иностранных студентов в России // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. – 2020. – № 3. – DOI: 10.26653/2076-4650-2020-3-13
6. COVID-19 Educational Disruption and Response. [Электронный ресурс]. – URL : <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse> (дата обращения: 23.06.2021).
7. Gabriels W., Benke-Aberg R. Student Exchanges in Times of Crisis – Research report on the impact of COVID-19 on student exchanges in Europe. Erasmus Student Network AISBL. – 2020. – URL : <https://esn.org/covidimpact-report> (дата обращения: 20.06.2021).

8. Еременко В.Н., Медведева А.С., Левченко А.А. Роль физической культуры в жизни человека // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2019. – Т. 8. – № 3. – С. 353–355.
9. Иванова Н.Г. Дифференциация двигательных режимов детей 10–12 лет с учетом особенностей физического и психофизиологического статуса: дис. ... канд. пед. наук. – Краснодар, 2006. – 205 с.
10. Иванова Н.Г. Мультимедийное анкетирование на тему: «Эффективность занятий по физической культуре глазами студентов» // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2014621722, 11.12.2014. Заявка № 2014621416, 22.10.2014.
11. Лейбовский А.Ю., Иванова Н.Г. Мотивы и потребности студентов Кубанского государственного технологического университета в различных видах двигательной активности на занятиях по физической культуре (по результатам анкетного опроса) // Физическая культура, спорт, наука и практика. – 2011. – № 3. – С. 41–44.

### References

1. Influence of distance learning on functional and physical preparation of students of a special medical group / N.A. Ulyanova [et al.] // Modern problems of science and education. – 2020. – № 5. – URL : <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=30210> (date of access: 05/31/2021).
2. Federal Law of December 29, 2012 № 273-FZ (as amended on July 31, 2020) «On Education in the Russian Federation» [Electronic resource]. – URL : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/9ab9b85e5291f25d6986b53\\_01ab79c23f0055ca4/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/9ab9b85e5291f25d6986b53_01ab79c23f0055ca4/) / (date accessed: 05/14/2021).
3. Milkus A. The world after the pandemic: universities go to distance learning and will not return? [Electronic resource]. – URL : <https://www.kp.ru/daily/27114/4193198/> (date of access: 20.05.2021).
4. Orusova O.V. How the coronavirus changed the higher education system: an analysis of the transition of universities to distance learning // Scientific Review. Series 1. Economics and Law. – 2020. – № 3. – DOI: 10.26653 / 2076-4650-2020-3-17
5. Pletneva Yu.E., Ochirova G.N. The impact of the COVID-19 pandemic on the situation of foreign students in Russia // Scientific Review. Series 1. Economics and Law. – 2020. – № 3. – DOI: 10.26653 / 2076-4650-2020-3-13
6. COVID-19 Educational Disruption and Response. [Electronic resource]. – URL : <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse> (date accessed: 23.06.2021).
7. Gabriels W., Benke-Aberg R. Student Exchanges in Times of Crisis – Research report on the impact of COVID-19 on student exchanges in Europe. Erasmus Student Network AISBL. – 2020. – URL : <https://esn.org/covidimpact-report> (date accessed: 20.06.2021).
8. Eremenko V.N., Medvedeva A.S., Levchenko A.A. The role of physical culture in human life // Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology. – 2019. – Vol. 8. – № 3. – P. 353–355.
9. Ivanova N.G. Differentiation of motor modes of children 10–12 years old, taking into account the characteristics of the physical and psychophysiological status: dis. ... cand. ped. Sciences / Natalya Gennadiyevna Ivanova. – Krasnodar, 2006. – 205 p.
10. Ivanova N.G. Multimedia questionnaires on the topic: «The effectiveness of physical culture lessons through the eyes of students» // Certificate of registration of the database RU 2014621722, 11.12.2014. Application №. 2014621416, 22.10.2014.
11. Leibovsky A.Yu., Ivanova N.G. Motives and needs of students of the Kuban State Technological University in various types of physical activity in physical culture lessons (based on the results of a questionnaire survey) // Physical culture, sport, science and practice. – 2011. – № 3. – P. 41–44.

УДК 796.012.6

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ СРЕДСТВАМИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ**



**IMPROVING THE FUNCTIONAL CAPABILITIES OF THE STUDENTS  
ORGANISM BY MEANS OF PHYSICAL CULTURE**

**Чашкова Олеся Юрьевна**

старший преподаватель кафедры,  
ответственный за спортивно-массовую работу  
со студентами ИСТИ  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Мягков Николай Сергеевич**

студент,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
kate15859@bk.ru

**Аннотация.** В данной статье сделан вывод, почему важно совершенствовать функциональные возможности организма и рассмотрены основные физические качества человека. Также рассмотрен вопрос об условии сохранения структурной целостности организма. В статье представлены научные выводы, которые доказывают, что физические способности в двигательных действиях выражают характер и уровень развития функциональных возможностей отдельных органов и структур организма. Важнейшими элементом совокупности физических возможностей является физическое качество.

**Ключевые слова:** физическая культура, физическое упражнение, устойчивость, здоровье, функциональные возможности, система организма.

**Chashkova Olesya Yuryevna**

Senior Lecturer of the Department  
Responsible for Sports and  
Mass Work with Students of ISTI,  
Kuban State Technological University

**Myagkov Nikolay Sergeevich**

Student,  
Kuban State Technological University  
kate15859@bk.ru

**Annotation.** This article concludes why it is important to improve the functional capabilities of the body and considers the basic physical qualities of a person. The question of the condition for maintaining the structural integrity of the organism is also considered. The article presents scientific conclusions that prove that physical abilities in motor actions express the nature and level of development of the functional capabilities of individual organs and structures of the body. The most important element of the totality of physical capabilities is physical quality.

**Keywords:** physical culture, physical exercise, stability, health, functionality, body system.

**Ф**изическое упражнение – это двигательное действие, которое выполняется для приобретения и усовершенствования физических качеств, умений и навыков. Не все двигательные действия называются физическими упражнениями. Главный их признак – соответствие сущности физической культуры ее закономерностям. В содержание физического упражнения входят действия и основные процессы, которые развиваются в организме во время упражнения. Они рассматриваются в различных аспектах: психологическом, физиологическом, биохимическом и др. Функциональные сдвиги во время упражнений способствуют процессам восстановления и адаптации, благодаря чему физические упражнения могут служить лидирующим фактором повышения функциональных возможностей организма.

Основным условием сохранения структурной целостности организма является всесторонняя, интенсивная, гармоничная деятельность всех его систем. Также восстанавливаются структуры, которые разрушаются и истощаются при работе, возникают избыточное восстановление, сверхвосстановление, суперкомпенсация. Суперкомпенсация проявляется в большом накоплении энергетических резервов в скелетных мышцах, в накоплении пластических материалов для роста массы, мощности, выносливости мышц [1].

Естественные факторы природной среды могут служить средствами укрепления здоровья, закаливания, совершенствования функциональных возможностей организма. Они могут использоваться в двух направлениях: условия при занятиях физическими упражнениями, когда естественные факторы среды дополняют и оптимизируют воздействие физических упражнений; организация специальных процедур, при кото-

рых воздействие естественных факторов действует определенным образом, как самостоятельное средство закаливания и оздоровления.

Если при закаливании не нарушается мера возможностей организма, то это приводит к укреплению здоровья и повышению работоспособности. Важно применять средства, которые разно воздействуют на организм, закаливающий эффект усиливается при сочетании их с физическими упражнениями. Гигиенические факторы обеспечивают выполнение норм и требований по гигиене труда, отдыха, питания. Их соблюдение в процессе физического воспитания обеспечивает положительный эффект занятий физическими упражнениями. Значение также имеет оптимизация режима физических нагрузок и отдыха, питания и внешних условий занятий, условий, которые способствуют восстановлению после занятий, предупреждению заболеваний и укреплению здоровья [2].

Использование оздоровительных сил природы способствует повышению уровня физической и умственной работоспособности, для этого необходимо бывать на свежем воздухе, отказаться от вредных привычек, проявлять двигательную активность. Систематические занятия при напряженной учебной деятельности снимают нервно-психические напряжения, а систематическая мышечная деятельность способствует психической, умственной и эмоциональной устойчивости организма.

Устойчивость организма зависит от врожденных и приобретенных свойств. Она поддается тренировке средствами мышечных нагрузок и различными внешними воздействиями. У людей, систематически занимающихся физическими упражнениями, людей, повышается психическая, умственная и эмоциональная устойчивость при выполнении любой деятельности.

К основным физическим качествам относят силу, быстроту и выносливость, проявляющиеся от условий выполнения двигательной деятельности, ее характера, специфики, продолжительности, мощности и интенсивности. Группы физических упражнений, которые связаны со стандартностью или нестандартностью движений делятся на упражнения циклического характера и упражнения ациклического характера. Движения циклического характера представляют работу постоянной и переменной мощности с различной продолжительностью. При работе циклического характера спортивные физиологи различают зону максимальной мощности, субмаксимальной и умеренной [2].

Физические способности в двигательных действиях выражают характер и уровень развития функциональных возможностей отдельных органов и структур организма. Только постоянно проявляющаяся совокупность физических способностей определяет физическое качество. Сила – совокупность силовых способностей, обеспечивающих меру физического воздействия человека на внешние объекты. Силовые способности проявляются через силу действия от мышечных напряжений. Скоростно-силовые способности проявляются при различных режимах мышечного сокращения и обеспечивают быстрое перемещение тела в пространстве. Выносливость – совокупность физических способностей, поддерживающих длительность работы при различных зонах мощности: максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной нагрузок. Ловкость – совокупность координационных способностей, которые способны выполнять двигательные действия с необходимой амплитудой движений. Ловкость развивают обучением двигательным действиям и решениями двигательных задач, требующих постоянного изменения структуры действий. Быстроту воспитывают решениями многообразных двигательных задач, успех которых определяется минимальным временем выполнения двигательного действия. Выбор двигательных задач по развитию быстроты требует соблюдение положений, требующих высокого владения техникой двигательного действия, а также наличия оптимального функционального состояния организма, который обеспечивает высокую физическую работоспособность. Быстрота двигательной реакции характеризуется минимальным временем от подачи сигнала до начала выполнения движения, представляет собой сенсорную реакцию. Гибкость – физическая способность человека выполнять двигательные действия с необходимой амплитудой движений, характеризующая степень подвижности в суставах и состояние мышечной системы [4].

Постоянное сознательное преодоление трудностей, которые связаны с регулярными занятиями физической культурой и спортом воспитывают волю, уверенность, способность комфортно чувствовать себя в коллективе. В процессе занятий физической культурой закаляется воля, характер, совершенствуется умение правильно ориентироваться в сложных ситуациях, своевременно принимать решения. Необходимость постоянного проявления свойств и качеств неизбежно приводит к их развитию. Спортсмен работает над развитием силы, быстроты, выносливости, гибкости, над техникой выполнения упражнений, формирует умение действовать в полную силу, овладевает умением самоуправления, самоконтроля эмоциями. Целеустремленность – проявление воли, выделение ясности целей и задач, планирование деятельности и действий, сосредоточенность действий, мыслей и чувств на движении к поставленной цели. Развивая это качество на занятии физической культурой, студент использует его и в своей профессиональной подготовке, когда необходимо плановость занятий, сосредоточенность на лекциях, движение к намеченной цели. Решительность и смелость характеризуются своевременностью и обдуманностью действий, реализацию на практике, отсутствие боязни принять ответственность в условиях риска и опасности. Инициативность и самостоятельность проявляются в воле, которая является личным творчеством и быстротой мышления в действиях, которые направлены на достижение цели [5].

Физические упражнения оказывают влияние на все системы организма, в частности на пищеварительную. Они способствуют работе двигательной функции кишечника. Систематические занятия физкультурой способствует сохранению здоровья, бодрости, работоспособности длительное время. Также совершенствуется деятельность центральной нервной системы, благодаря освоению двигательных навыков, приобретение мастерства в них. Обучение движениям – основное содержание физического образа, системное освоение в ходе обучения рациональным способом управления движениями. Физическое воспитание целенаправленно воздействует на естественные свойства организма: стимулирование и регулирование, развитие вследствие функциональных нагрузок, которые связаны с физическими упражнениями. Физическая культура и спорт являются эффективным средством физического развития студента, укреплением и охраной его здоровья, сферой общения и проявления социальной активности, влияют на трудовую деятельность, на структуру ценностных ориентаций и помогают в становлении хорошего специалиста, который является общительным и целеустремленным человеком.

### Литература

1. Физическое воспитание: учебник / В.А. Головина [и др.]. – М. : Высш. школа, 1983.
2. Аршовская Э., Розанова В. Физиология и физкультура. – М. : «Знание», 1990.
3. Смирнов В.А. Физическая тренировка для здоровья. – С. – П. : «Знание», 1991.
4. Готовцев П.И., Дубровский В.И. Самоконтроль при занятиях физической культурой и спортом. – М. : Физкультура и спорт, 1984.
5. Ильинич В.И. Студенческий спорт и жизнь: Учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. – М. : АО «Аспект Пресс», 1995.

### References

1. Physical education: textbook / V.A. Golovin [et al.]. – M. : Higher. school, 1983.
2. Arshovskaya E., Rozanova V. Physiology and physical culture. – M. : «Knowledge», 1990.
3. Smirnov V.A. Physical training for health. – S. – P. : «Knowledge», 1991.
4. Gotovtsev P.I., Dubrovsky V.I. Self-control when doing physical education and sports. – M. : Physical culture and sport, 1984.
5. Ilyinich V.I. Student sports and life: Textbook. manual for students of higher educational institutions. – M. : JSC «Aspect Press», 1995.



## Порядок публикации статьи

- Статья, предоставляемая для публикации в журнале, должна быть ранее неопубликованной, актуальной, обладать новизной, **тщательно вычитана**.
- Статья должна соответствовать **Правилам оформления**.
- Содержание статьи должно соответствовать тематикам рубрик журнала.
- В стоимость публикации входит один печатный экземпляр журнала, публикация в сетевой версии журнала (на сайте <http://id-yug.com>), почтовая доставка, сопровождение в системе РИНЦ.

**Редакционный совет в течение 3–5 дней рассматривает предоставленную статью. В случае положительного решения о публикации редакция направляет Вам договор (оферта), счет (квитанцию) на оплату.**

**В случае необходимости редакция может затребовать предоставление заключения внутрифирменных служб экспортного контроля по материалам статьи.**

### Предоставляемая статья должна содержать следующие компоненты:

- Код УДК;
- Сведения об авторах (*рус./англ.*):
  - а) фамилия, имя, отчество (полностью);
  - б) ученая степень;
  - в) ученое звание;
  - г) должность, место работы (без сокращений);
  - д) контактный телефон;
  - е) контактный E-mail автора.
- Название статьи (*рус./англ.*);
- Аннотация (*рус./англ.*);
- Ключевые слова (*рус./англ.*);
- Основной текст статьи на русском языке (рекомендуется не менее 3-х страниц);
- Список литературы (*рус./англ.*).

Текст статьи должен быть набран в текстовом редакторе Word 1997–2007, шрифт Times New Roman, кегль – 14, межстрочный интервал – 1, абзацный отступ 1,25 см., все поля – 2,5 см, страницы не нумеровать, для выделений использовать *курсив*, **жирный шрифт**, **а также их сочетание**.

Таблицы набираются в текстовом редакторе Word 1997–2007, шрифт Times New Roman, кегль – 12. Таблицы нумеруются и подписываются. В тексте статьи указываются ссылки на таблицы.

Иллюстрации (рисунки, графики, диаграммы, фотографии) должны быть встроены в текст в виде картинок, в оттенках серого, разрешением 300 dpi. Иллюстрации нумеруются (нумерация сквозная арабскими цифрами) и подписываются. В тексте статьи указываются ссылки на иллюстрации.

Формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation 3.0. Все формулы должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами. Номера формул оформляются в круглых скобках.

Сноски оформляются постранично.

Ссылки на литературу оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 и ГОСТ 7.82-2001. Ссылки оформляются в порядке упоминания или цитирования в тексте в квадратных скобках арабскими цифрами.

Более подробную информацию можно получить на сайте [www.id-yug.com](http://www.id-yug.com)

## График выхода журнала и приема статей на 2021 г.

№ журнала	Прием статей до:	Выход журнала:
1	31 марта	14 апреля
2	30 июня	14 июля
3	29 сентября	13 октября
4	22 декабря	29 декабря



Общероссийская общественная организация  
«Российская инженерная академия»

All-russian public organization  
«Russian Engineering Academy»

НАУЧНЫЙ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ЖУРНАЛ

**НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ**  
(политехнический вестник)

2021, № 2

---

SCIENTIFIC MULTIDISCIPLINARY MAGAZINE

**SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY**  
(polytechnical bulletin)

2021, № 2

[www.id-yug.com](http://www.id-yug.com)

---

Редактор – А.С. Семенов

Editor – A.S. Semenov

Оригинал-макет – М.Б. Жаренко

Dummy – M.B. Zharenko

Дизайн обложки – М.Б. Жаренко

Design of a cover – M.B. Zharenko

Сдано в набор 12.07.2021.  
Подписано в печать 14.07.2021.  
Формат 60 x 84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офсетная.  
Печать riso.  
Уч.-изд. л. 14,1.  
Тираж 500 экз.

It is handed over in a set 12.07.2021.  
It is sent for the press 14.07.2021.  
Format 60 x 84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Offset paper.  
Riso press.  
Ed.-prod. l. 14,1.  
Circulation is 500 pieces.

Отпечатано в ООО «Издательский Дом – Юг»  
Россия, 350072, г. Краснодар,  
ул. Зиповская 9, литер «Г», оф. 41/3

It is printed in JSC «Izdatelsky Dom – Yug»  
Russia, 350072, Krasnodar,  
Zipovskaya St., 9, letters «G», office 41/3

Заказ № 2282

Order № 2282

Тел.: +7(918) 41-50-571  
e-mail: [id.yug2016@gmail.com](mailto:id.yug2016@gmail.com)  
Сайт: [www.id-yug.com](http://www.id-yug.com)

Ph.: +7(918) 41-50-571  
e-mail: [id.yug2016@gmail.com](mailto:id.yug2016@gmail.com)  
Site: [www.id-yug.com](http://www.id-yug.com)