



Общероссийская общественная организация
«Российская инженерная академия»

All-russian public organization
«Russian Engineering Academy»

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

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

№ 1

2022



**Общероссийская общественная организация
«Российская инженерная академия»**

**All-russian public organization
«Russian Engineering Academy»**

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

2022, № 1

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

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)**

2022, № 1

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

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 Камил Шагидуллович,

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

KAZEEV Kamil Shagidullovich,

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, Санкт-Петербургский горный университет.

SAVENOK Olga Vadimovna,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Development and Operation of Oil and Gas Fields, St. Petersburg Mining 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 Ali 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

ОГЛАВЛЕНИЕ / CONTENTS

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

TECHNICAL SCIENCES

Mehdiyeva A.M., Guliyeva S.V. Control mechanism to manage quality of energy conversions	19
Mehdiyeva A.M., Guliyeva S.V. Control mechanism to manage quality of energy conversions	
Багирова Н.Н. кызы О технологии получения экологически чистого дизельного топлива	25
Bagirova N.N. qizi About the technology of producing ecologically pure diesel oil	
Беседин Е.А., Гудименко Н.А., Климов А.А., Сафонов Т.С. Разработка математической модели в среде Simulink пакета MatLab пускового органа по частоте быстродействующих АВР	28
Besedin E.A., Gudimenko N.A., Klimov A.A., Safonov T.S. Development of a mathematical model in the Simulink environment of the MatLab package of the starting organ by frequency high-speed AVR	
Беседин Е.А., Гудименко Н.А., Климов А.А., Сафонов Т.С. Разработка схемы управления быстродействующего АВР с улучшенными информационными характеристиками на базе вакуумного выключателя	33
Besedin E.A., Gudimenko N.A., Klimov A.A., Safonov T.S. Development of a control scheme for a high-speed AVR with improved information characteristics based on a vacuum circuit breaker	
Дворная З.Л., Леонова А.Н. Сравнительный анализ конструктивных схем куполов	39
Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Comparative analysis of constructive dome schemes	
Джангирян Н.А., Шипулин В.И. Модификация функционально-технологических свойств мясного сырья и готовой продукции за счет применения молочных белков	42
Dzhangiryan N.A., Shipulin V.I. Modification of the functional and technological properties of meat raw materials and cooked products using milk proteins	
Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Шкерета Э.Д., Ефремов Е.А. Исследование влияния параметров источника питания второго вида на динамические характеристики электропривода	51
Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Shkereta E.D., Efremov E.A. Research of the influence of the parameters of the power supply of the second type on the dynamic characteristics of the electric drive	
Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Шкерета Э.Д., Ефремов Е.А. Определение областей существования аperiодических переходных процессов в электроприводе с источником питания второго вида	59
Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Shkereta E.D., Efremov E.A. Determination of the areas of existence of aperiodic transient processes in an electric drive with a second type power supply	

- Добробаба Ю.П., Асланова Д.А., Печёнкин О.А.**
 Двухмассовая упругая электромеханическая система
 с двумя парами кратных корней характеристического уравнения 64
Dobrobaba Yu.P., Aslanova D.A., Pechonkin O.A.
 Two-mass elastic electromechanical system
 with two pairs of multiple roots characteristic equation
- Добробаба Ю.П., Кияшко Д.С.**
 Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения
 исполнительного органа особо точного электропривода
 при ограничениях по напряжению и максимальному значению тока 68
Dobrobaba Yu.P., Kiyashko D.S.
 Close to the optimal speed diagram of movement of the executive body
 of the particular accurate electric drive under voltage limitations
 and the maximum current value
- Добробаба Ю.П., Мурлина В.А., Пшеничнов Е.А., Асланян Я.В.**
 Исследование динамических характеристик
 оптимального по быстродействию электропривода
 при больших перемещениях его исполнительного органа 86
Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Pshenichnov E.A., Aslanyan Ya.V.
 Investigation of the dynamic characteristics of an electric drive optimal
 in terms of speed with large movements of its executive body
- Добробаба Ю.П., Мурлина В.А., Пшеничнов Е.А., Асланян Я.В.**
 Исследование динамических характеристик оптимального по быстродействию
 электропривода при средних перемещениях его исполнительного органа 92
Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Pshenichnov E.A., Aslanyan Ya.V.
 Investigation of the dynamic characteristics of an electric drive optimal
 in terms of speed with average movements of its executive body
- Добробаба Ю.П., Мурлина В.А., Пшеничнов Е.А., Асланян Я.В.**
 Исследование динамических характеристик оптимального по быстродействию
 электропривода при малых перемещениях его исполнительного органа 99
Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Pshenichnov E.A., Aslanyan Ya.V.
 Investigation of the dynamic characteristics of an electric drive optimal
 in terms of speed with small movements of its executive body
- Добробаба Ю.П., Сальников К.И., Бондарев М.Н.**
 Исследование энергетических характеристик
 программно-управляемых оптимальных по быстродействию электроприводов 106
Dobrobaba Yu.P., Salnikov K.I., Bondarev M.N.
 Research of energy characteristics of soft ware controlled optimum
 in terms of speed electric actuators
- Злая Д.Г., Сылка Д.В., Ковалева И.В.**
 Системы вентилируемых фасадов и их применение при реконструкции зданий 118
Zlaya D.G., Sylka D.V., Kovaleva I.V.
 Ventilated facade systems and their use in the reconstruction of buildings
- Злая Д.Г., Сылка Д.В., Ковалева И.В.**
 Инновационные строительные материалы,
 применяемые при реконструкции зданий и сооружений 121
Zlaya D.G., Sylka D.V., Kovaleva I.V.
 Innovative building materials used in reconstruction of buildings and structures
- Калиновская В.А., Огурцова Д.Д.**
 Коррозия металлов. Методы по защите металлов от корроирования 124
Kalinovskaya V.A., Ogurtsova D.D.
 Corrosion of metals. Methods for protecting metals from corrosion

Ковалева А.А., Наумович Ю.И. Повышение энергоэффективности зданий при реконструкции	129
Kovaleva A.A., Naumovich Yu.I. Increasing the energy efficiency of buildings during reconstruction	
Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Запорожец А.С., Романтеев Р.В. Информационные технологии в управлении на автомобильном транспорте (на примере г. Краснодар)	133
Konvalova T.V., Nadiryayn S.L., Zaporozhets A.S., Romanteev R.V. Information technology in the management of road transport (on the example of Krasnodar)	
Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Арешкина А.Е. К вопросу о показателях качества на городском пассажирском транспорте	137
Konvalova T.V., Nadiryayn, S.L. Areshkina A.E. On the issue of quality indicators in urban passenger transport	
Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Тимофеева Т.Н. Требования к обеспечению безопасности дорожного движения маломобильных групп населения	141
Konvalova T.V., Nadiryayn S.L., Timofeeva T.N. Requirements for ensuring road safety of low-mobility groups of the population	
Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Лебедев Е.А., Соскова В.В. Экспедирование в логистике	145
Konvalova T.V., Nadiryayn S. L., Lebedev E.A., Soskova V.V. Forwarding in logistics	
Коновалова Т.В., Шевцов Ю.Д., Надирян С.Л., Миронова М.П., Шепелева М.Д. Влияние пандемии COVID-19 на образовательную сферу	151
Konvalova T.V., Shevtsov Yu.D., Nadiryayn S.L., Mironova M.P., Shepeleva M.D. The impact of the COVID-19 pandemic on the educational sphere	
Котенкова И.Н., Миронова М.П., Сенин И.С., Кононыхина Е.С. Перспективы применения информационных технологий в целях повышения безопасности дорожного движения	153
Kotenkova I.N., Mironova M.P., Senin I.S., Kononikhina E.S. Prospects for the use of information technologies to improve road safety	
Лазаренко Д.Ю., Атапин И.Н. Методика совершенствования существующей организации пассажирских городских перевозок	158
Lazarenko D.Yu., Atapin I.N. Methodology for improving the existing organization of urban passenger transportation	
Лазаренко Д.Ю., Клевцов П.О. Основные факторы, влияющие на эффективность и качество обслуживания пассажиров	161
Lazarenko D.Yu., Klevtsov P.O. The main factors affecting the efficiency and quality of passenger service	
Лысенко М.П., Мягкова Е.С. Особенности реконструкции исторических зданий и сооружений	164
Lysenko M.P., Myagkova E.S. Peculiarities of reconstruction of historical buildings and structures	

- Мишко Э.К., Таран Ю.В.**
 Применение фиброармированных полимерных материалов
 и нанобетонов для усиления строительных конструкций 168
Mishko E.K., Taran Yu.V.
 The use of fiber-reinforced polymer materials
 and nanobeton to strengthen building structures
- Нечначе О., Мурлина В.А.**
 Функциональная диагностика здоровья.
 Современные способы, сервисы и приложения для определения диагноза
 при имеющихся симптомах и диагностики здоровья 172
Nechnache O., Murlina V.A.
 Functional diagnostics of health.
 Modern methods, services and applications for determining the diagnosis
 with existing symptoms and diagnosing health
- Платонов А.А.**
 Анализ критериев оценки качества работ по удалению нежелательной поросли 177
Platonov A.A.
 Analysis of the criteria for assessing the quality
 of works to remove unwanted growth
- Слободская А.А., Миронова И.А.**
 Методы усиления кладки кирпичных стен 182
Slobodskaya A.A., Mironova I.A.
 Methods of strengthening the masonry of brick walls
- Терехов В.В., Чумак И.А., Терехов В.В.**
 Инновационный метод очистки воды от техногенных загрязнений 186
Terekhov V.V., Chumak I.A., Terekhov V.V.
 Innovative method of water purification from man-made pollution
- Удодов С.А., Шиян Д.В.**
 Особенности проектирования и строительства предприятий пищевого профиля 191
Udodov S.A., Shiyan D.V.
 Features of design and construction of food enterprises
- Харольцев П.С., Лихачёва Н.Е.**
 Устройство и монтаж навесных вентилируемых фасадов
 с подсистемой из оцинкованной стали при реконструкции зданий 199
Dubov V.V., Likhacheva N.E.
 Device and installation of hinged ventilated facades
 with a subsystem of galvanized steel during the reconstruction of buildings

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

SCIENCES ABOUT THE EARTH

- Калищук Ю.А., Шиян С.И.,
 Нечаев С.Р., Косова Д.А., Сафоненко Г.Е.**
 Промысловые исследования пластов
 и скважин Алинского нефтегазового месторождения 205
**Kalishchuk Yu.A., Shiyan S.I.,
 Nechaev S.R., Kosova D.A., Safonenko G.E.**
 Field studies of formations and wells of the Alinsky oil and gas field

Шиян С.И., Крылов К.А., Сабайдаш М.Л., Корсак М.В.
 Технологические, теоретические основы обработки
 кривых восстановления давления 209
Shiyan S.I., Krylov K.A., Sabaidash M.L., Korsak M.V.
 Technological, theoretical foundations
 for processing pressure recovery curves

Шарафутдинова А.А.
 Применение итерационного метода численной оптимизации
 для решения задачи взаимного ориентирования даны
 наземного лазерного сканирования 214
Sharafutdinova A.A.
 Iterative method of numerical optimization application
 for solving the registration problem based on point clouds

**Шиян С.И., Кочканян А.В.,
 Столбов В.Н., Немеренко Д.В., Гузеева Е.В.**
 Методика проведения исследования скважин
 на неустановившихся режимах фильтрации 218
**Shiyan S.I., Kochkanyan A.V.,
 Stolbov V.N., Nemerenko D.V., Guzeeva Ye.V.**
 Methodology for conducting well research on unsteady filtration modes

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ PEDAGOGICAL SCIENCES

Еременко В.Н., Васильева А.В.
 Влияние физических упражнений на организм человека 227
Eremenko V.N., Vasilyeva A.V.
 Impact of physical exercises on the human body

Косюк П.В., Гура А.Ю.
 Феномен любви в контексте философии и психолого-педагогической науки 231
Kosyuk P.V., Gura A.Yu.
 The phenomenon of love in the context of philosophy
 and psychological and pedagogical science

Мягкова А.И., Гура А.Ю.
 Взгляд на природу человека через призму психоанализа З. Фрейда 234
Myagkova A.I., Gura A.Yu.
 A look at human nature through the prism of psychoanalysis Z. Freud

Питкин В.А., Алейникова С.С.
 Психологическое влияние физической культуры на студенческую молодежь 236
Pitkin V.A., Aleinikova S.S.
 Psychological influence of physical culture on student youth

Питкин В.А., Волкова Ю.П.
 Проблемы педагогики физического воспитания 239
Pitkin V.A., Volkova Yu.P.
 Problems of pedagogy, physical education

Питкин В.А., Дробот Т.В.
 Здоровый образ жизни как модная тенденция в жизни студентов 243
Pitkin V.A., Drobot T.V.
 Healthy lifestyle as a fashionable trend in the life of students

Питкин В.А., Калайчиев Г.Е. Влияние физической активности на образовательные способности студентов Pitkin V.A., Kalaychiev G.E. Impact of physical activity on students' educational abilities	246
Питкин В.А., Кандюрин Н.А. Социализация студентов на занятиях физической культурой в ВУЗе Pitkin V.A., Kandyurin N.A. Socialization of students in physical education classes at the university	249
Питкин В.А., Кудымов М.М. Адаптация организма к физическим нагрузкам у студентов Pitkin V.A., Kudymov M.M. Adaptation of the body healthy to physical exertion in students	252
Питкин В.А., Павлова А.Д. Формирование и повышение мотивации к занятиям физической культурой у девушек Pitkin V.A., Pavlova A.D. Formation and increase of motivation for physical education among girls	255
Питкин В.А., Хажжуби А.Х. Социально-экономические проблемы и основные тенденции развития физической подготовки студентов Pitkin V.A., Khazhzhubi A.Kh. Socio-economic problems and main trends in the development of students' physical training	259
Питкин В.А., Чехова А.С. Формирование здорового образа жизни у студентов Pitkin V.A., Chekhova A.S. Formation a healthy lifestyle in students	262
Синько О.В. Сущность проблемно-ориентированного обучения, его преимущества и недостатки Sinko O.V. Essence of problem-oriented learning, its advantages and disadvantages	265
Синько О.В., Якимова А.А. Влияние занятий настольным теннисом на показатели общей физической подготовленности студентов Sinko O.V., Yakimova A.A. The impact of table tennis on the indicators of the general physical fitness of students	267
Шабельный А.П., Кошурников В.С. Коррекция осанки посредством занятий плаванием Shabelny A.P., Koshurnikov V.S. Correction of posture through swimming	271

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



TECHNICAL SCIENCES

**CONTROL MECHANISM TO MANAGE QUALITY
OF ENERGY CONVERSIONS**



**CONTROL MECHANISM TO MANAGE QUALITY
OF ENERGY CONVERSIONS**

Mehdiyeva Almaz Mobil

Azerbaijan State Oil and Industry University
almazmehdiyeva@yahoo.com

Guliyeva Sevinj Vagif

Azerbaijan State Oil and Industry University
almazmehdiyeva@yahoo.com

Аннотация. The development of science and technology in our contemporary world depends on the consumption of electricity. According to experts, the demand for electricity will be twice as high as in 2025. This increase in electricity consumption can result in depletion of natural fuel sources and shortage of electricity in the near future. In addition, the environment is seriously damaged when burning hydrocarbon fuels (coal, gas, oil) used in thermal power plants. Taking into account these effects, it is more appropriate to use alternative energy sources for the production of electricity.

Ключевые слова: control system; alternative energy; energy sources; renewable energy sources; imaging modeling.

Mehdiyeva Almaz Mobil

Azerbaijan State Oil and Industry University
almazmehdiyeva@yahoo.com

Guliyeva Sevinj Vagif

Azerbaijan State Oil and Industry University
almazmehdiyeva@yahoo.com

Annotation. The development of science and technology in our contemporary world depends on the consumption of electricity. According to experts, the demand for electricity will be twice as high as in 2025. This increase in electricity consumption can result in depletion of natural fuel sources and shortage of electricity in the near future. In addition, the environment is seriously damaged when burning hydrocarbon fuels (coal, gas, oil) used in thermal power plants. Taking into account these effects, it is more appropriate to use alternative energy sources for the production of electricity.

Keywords: control system; alternative energy; energy sources; renewable energy sources; imaging modeling.

1. Introduction

The research is dedicated to transforming solar energy into electrical energy, one of today's modern requirements. Also prospects for solar energy production in Azerbaijan were considered. In this study, the characteristics of solar power plants are studied. To do this, the solar cells and their structure, their saturation, solar cells have been analyzed. When solar energy has been converted into electrical energy, special modules have been used to control its energy. The types of controls used are investigated. There is a need to manage the process of charging electrical energy to accumulator batteries during the work. For this purpose the structural scheme of the device was created, the control algorithm was developed. The proper selection of the elements required for the installation of the gateway control system has been considered, the device's basic scheme has been developed. The rapid development of technology and industry, the increasing number of people on the ground, and the rapid increase in the number of energy consumers further increase the need for inorganic and organic fuels. Fuel supply depletion, constant price fluctuations, damage to the environment as a result of burning of resources and violation of ecology have revealed the need for alternative sources of energy. Alternative energy sources are sources that can provide people with endless energy.

Renewable Energy Sources – Energy sources that are based on the use of periodic energy flows. These energy sources are as follows: Solar Energy; Wind energy; Geothermal energy; Horsepower, withdrawal and energy of the ocean waves; Biomass energy.

Renewable energy sources are divided into two parts:

1. Traditional energy (geothermal energy and biomass energy);
2. Unconventional energy (solar, wind, winding and discharge, energy of sea waves) [1].

2. Statement of the problem

Solar energy is also widely used in our country as an alternative source of renewable energy. As a result of research, our country has a great potential to benefit from alternative energy sources: the average annual solar energy of 1900–2000 kWt per sq. m. Per square meter of our country. When the amount of sun rays falling into the territory of Azerbaijan is compared to other countries, it appears that Azerbaijan is dominant. It is therefore apparent that large-scale investment in the use of solar energy is beneficial in our country. Annual special electroenergy production of photovoltaic plant in Nakhchivan AR is 246 kWt/sq. m, and Kur-Absheron region is 230 kWt/sq. m. The amount of sunny hours per year is 3200 hours for Nakhchivan Autonomous Republic and 2,500 hours for Kur-Absheron [2–3].

The structural scheme of the alternative energy transducer has been developed during the research. The structure scheme includes several blocks. The device is designed for both large and small energy. To calculate the maximum power from the sun, we need voltage and voltage ratings from the panel, which are obtained by current and voltage transmitters. The data received from these transmitters are transmitted to the controller and the algorithm we are working on calculates the power of the power and controls the pulsing modulation of the width and correctly regulates the accumulator battery charging process through a fixed current converter. To do this, the input and output values of inputs are required. Characteristics of these battery batches have been considered for proper battery charging. They have their own carbohydrates according to the area in which they are used. In accordance with these characteristics, we have the ability to record the results of any of the collecting tools in the controls, that is, the controls we offer. These characteristics are already known, and the characteristics of the panel voltage and current transmitters are compared with the data of the transmitters after the control is recorded in the control memory. According to him, the controller controls the width of the impulse width, creating the width of the impulse modulation on the output. Frequency does not change during modulation. The width of the impulse is controlled by constant current sources. Its battery is properly filled. In accordance with the algorithm we have established, the performance of the battery will be changed through a special program after the results have been matched to the maximum battery charging characteristic.

Reduced topography is used to reduce tension. In photovoltaic applications, the converter is usually used to fill the batteries. It is used to increase tension from topology topology. An incremental converter is used to obtain high output voltage before the transformation phase [4].

3. The solution of the problem

Transforming solar energy directly into thermal energy has taken on a broad scale in the world and is considered as one of the key areas of energy in developed countries. Photovoltaic elements play a major role in transforming solar energy into direct electricity. Solar energy is also widely used in our country as an alternative source of renewable energy. As a result of research, our republic has a great potential to utilize alternative energy sources: the average daily solar energy of 1900–2000 kWt per square meter of our country. When the amount of sun rays falling into the territory of Azerbaijan is compared to other countries, it appears that Azerbaijan is dominant. It is therefore apparent that large-scale investments in the use of solar energy in our country are effective. Annual special electroenergy production in Nakhchivan Autonomous Republic is 246 kWt/sq. m, and 230 kWt/sq. m for Kur-Absheron region, and the amount of sunshine hours is 3,200 hours for Nakhchivan Autonomous Republic and 2,500 hours for Kur-Absheron [3].

Management is one of the most important parts of the modern wind power industry. Because it is more efficient than the power of the wind generator through the control system, and the lifespan of the device is even longer. The most common difficulty to use wind energy is unpredictable character of the wind. Even where wind speeds are constantly high, wind

speeds and direction change occurs over the course of the day, and this affects the cost of electricity transmitted [5, 6]. Therefore, wind generators should have a reliable management system regardless of whether they are large or small. Through the control system, wind direction and wind speed rotation speed are monitored and the desired output parameters are obtained by changing the direction of the windpipe, the wing angle, and the transmission.

Working at constant speed means maximum output power at just one or two speeds. Therefore, during the active management, these generators have limited capabilities. When the wind generator is directly connected to a power grid, the speed of the rotation speed is constant. Therefore, passive control prevents the excessive output of the wind power generator. But in this case it is impossible to make the wind generator output curve ideal. During the research, 2 configurations (fixed speed – variable bending angle) are used. Once the wind has reached the nominal value, the bending angle is activated and the output power remains constant. For using wind energy in wind generators when wind speed is above rated wind speed are available yaw control of rotor, blade pitch angle control and other methods. In this paper, PLC control system, which controls blade pitch angle are used to fix rotation speed of rotor when wind speed is above rated wind speed. During the experiments, it was determined that when the speed of weather remains constant value, if we increase the blade pitch angle, the rotation speed of rotor will decrease. So, for fixing rotation speed of rotor, we can increase the value of blade pitch angle when wind speed is above rated wind speed. In this paper, Siemens ET 200s PLC control system is used to control blade pitch angle of rotor. PLC controller gives directions to step motor, based on calculated blade pitch angle. As a result, rotation speed of wind rotor does not change and output power of wind generator remains stable.

During the research, the question of turning solar energy into electric power, one of today's modern requirements, has been considered. Also prospects for solar energy production in Azerbaijan were considered. In this study, the characteristics of solar power plants are studied. To do this, the solar elements and their structure, characteristics, and solar cells have been analyzed. When solar energy has been converted into electrical energy, special modules have been used to control its energy. The types of used controls are investigated. Controllers with control devices are a device that controls the accumulation of accumulators by electric current from the daytime panels in the fields of solar energy conversion. Controllers are used in places that are suitable for a certain fixed tension. Examples include any electrical equipment, accumulator circuits, and other equipment that operates with constant voltage. The controls the electrical flow and tension from the panel. Protects the battery from overloading and discharging. The battery will transmit a part of the energy it receives until the battery is fully charged, and the battery will be disconnected after the battery is full. Thus, the controls make the battery more durable. Controls are selected from the solar panel and the power of all solar panels based on the total cost. In modern times, the need for controllers is so great that the 12V solar panel output is about 16-20V tension and we have to adjust this voltage to fill the battery. The voltage required for many batteries to be fully charged is 14–14,5 V. It is not necessary to use the controller in solar panels with output power of 1–5 W.

Controllers have MPPT (Maximum Power Point Tracking) and PWM (Pulse Width Modulation) types for charging batteries. MPPT – Controls the system by finding the peak point of power as seen on its name. The use of high energy from the systems has been achieved through this. As we know, solar energy is distributed at different prices at different times of the day. And so the energy of the solar panel can be variable. We can not change the variable power to the handler because it can cause the operator to fail or stop working. At this time we use MPPT. Marks the maximum price for power over different time intervals. It performs through complex algorithms. PWM is used to achieve an average result using analogous digital signals. The wavelengths 1–0 are regulated and the power given to the system is regulated. The signal received from the PWM has two parameters: 1) impulse density; 2) frequency. The duty cycle is the ratio of the signal to the constant T time of 1 (active). It can be expressed as a percentage and takes a price of $0 \div 1$. The average value of a PWM signal is

straightforward with the duty cycle. The speed must be chosen so that the builtin transformer, the frequency of the current motor should not be included in the 20Hz–20kHz frequency band, where the human ear can hear. Otherwise, sounds that cause people's anxiety.

Finally, let's note that PWM allows us to manage power, used in communication systems, power supplies, power transmissions, signal amplifiers, and so on.

When microcontroller software runs, ARC ports of microcontroller divide analog inputs into 1024 quantities and shows different tensions on the 16 x 2 LCD screen. Thus, the panel and battery voltage measurements are achieved. The foggy resistor is used to find the current value of the photovoltaic module. This resistor joins the ARC consistently. The tension from the suspended resistor corresponds to the current. For example, if the voltage is 5 mV when the current is equal to 1A, the tension will be 10 times more than 10 times the current. This output voltage is coupled to the other ARC port, AN₂ by means of the amplifier, and the input for the operation of this algorithm. The impulse width modulation ports are activated when charging the battery. The battery is charged at a voltage greater than 15 V and a battery of at least 20 V or equivalent. Passes through the panel voltage and current converter. This converter is activated via the bipolar transistor. The voltage from the accumulator battery to the load and the flow of the transmitter through the transistor activated by the transmitter connected to the pulse width modulation of the current occurs. When the system is installed, the full resistance of the battery and the panel should be calculated according to one another. From the panel and accumulator prices, the intensity point of the power dependence graph indicates the maximum power point.

In Figure 1 shows the outcome of the control system imaging model. When connecting the circuit, voltage inputs and inputs from current transmitters are regulated by comparing the output voltage and voltage ratings to the battery charger. As can be seen from Figures 2, when measuring the received energy, a deviation is obtained, and the original signals and their spectra are shown – the offset range and the non-sinusoidal signal. Figure 3 (a) shows the spectrum of the resulting measured signal equal to the product of a non-sinusoidal signal and systematic errors. The control result in relation to the resulting measured signal is shown in Figure 3 (b). The device compares the automatic input output parameters according to the algorithm and provides the proper operation of the fill process by selecting the correct modulation method. It is clear from the Figure that the first step is the completion of the filling process based on the result of the input and output comparison. There is a proper adjustment of fittings for inlet and outlet. The beatings indicate that the width modulation width modulation method compares the data received from the transmitters at the input and output to the PLC. The width of the impulse is adjusted to find the correct operating mode. It also shows itself in dots on the graph. As seen from the graphic, the device regulates within 4ms. The PLC ensures an increase in the width by decreasing the frequency by decreasing the frequency, which in turn creates the transistor. These strikes stabilize the output tension. At the first moment of the connection, the tension reaches peak point. This is explained by the fact that there is a breakthrough in which inductive tension is great. The frequency of the device is 25kHz without changing. As a result of the research it was found out that the proper completion of the filling process begins after 6 msec.

4. Conclusion

In the study, the process of filling of the accumulator fixed current source by solar energy was investigated and imitation model of the control system was proposed. The characteristics of the solar modules were studied for the construction of this control complex, and the volt-ampere characteristics were analyzed. In studying the characteristics of solar photovoltaic, the importance of creating a regulatory complex was substantiated, and an arrangement device was proposed for correct charging of battery batteries. A system imitation model has been created in MATLAB software environment. In the «device» presented the method of finding the maximum point, which is the most ingenious method. Compared with other devices, our «device» is up to 1–1,5 %. This difference was achieved through the proper charging of the accumulator battery through a special algorithm.



Figure 1 – Consequences of imaging modeling of the control system

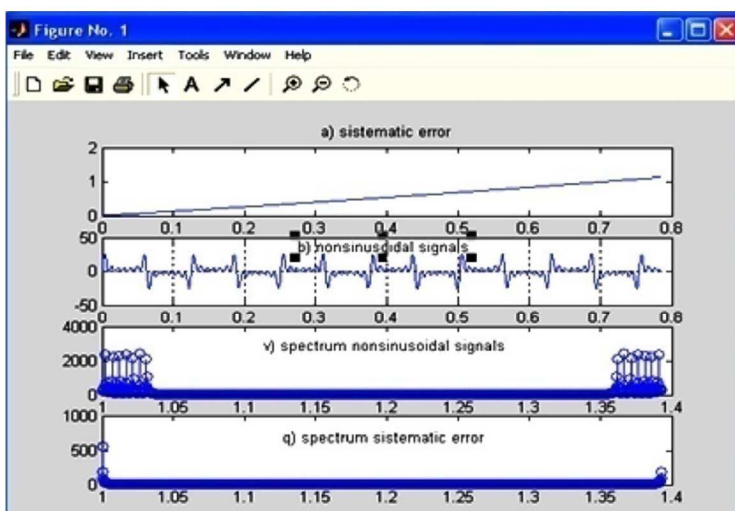


Figure 2. Initial spectrum of signals.
 a) Systematic error; b) a non-sinusoidal signal;
 v) Non-sinusoidal signal spectrum; q) range of systematic errors.

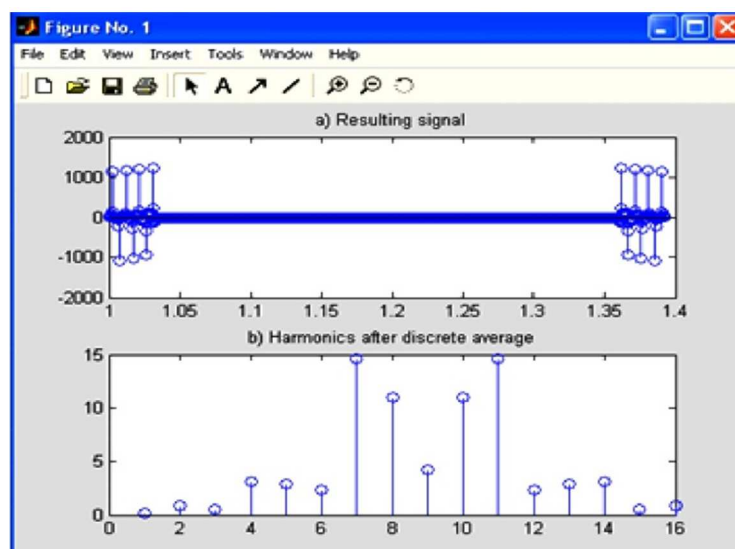


Figure 3. a) Spectrum of the input signal;
 b) Spectrum after corrective filtration.

Литература

1. An Advancedb LBIC Measurement Technique for Solar Cell Local Characterization / J. Carstensen [et al.] // Solar Energy Materials and Solar Cell. – 2003. – 76. – 4. – P. 599–611.
2. Huseynov E.E., Hashimova A.I. Regenerative Energy Devices. Textbook. – Baku, 2015. – 120 p.
3. Jalilov M.F. Alternative-Regenerative Energy Systems. Textbook. – Baku, 2014. – 409 p.
4. Khalighand A., Onar O.C. Energy Harvesting-Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems / CRC Press, 2010.
5. Ned Mohan. Power Electronics-Converters // Application and design. – 2011.
6. Roger A. Messenger and Jerry Ventre «Photovoltaic System Engineering». – 2014.

References

1. An Advancedb LBIC Measurement Technique for Solar Cell Local Characterization / J. Carstensen [et al.] // Solar Energy Materials and Solar Cell. – 2003. – 76. – 4. – P. 599–611.
2. Huseynov E.E., Hashimova A.I. Regenerative Energy Devices. Textbook. – Baku, 2015. – 120 p.
3. Jalilov M.F. Alternative-Regenerative Energy Systems. Textbook. – Baku, 2014. – 409 p.
4. Khalighand A., Onar O.C. Energy Harvesting-Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems / CRC Press, 2010.
5. Ned Mohan. Power Electronics-Converters // Application and design. – 2011.
6. Roger A. Messenger and Jerry Ventre «Photovoltaic System Engineering». – 2014.

О ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА



ABOUT THE TECHNOLOGY OF PRODUCING ECOLOGICALLY PURE DIEZEL OIL

Багирова Наргиз Назим кызы

доцент, кандидат химических наук,
кафедра «Нефтехимическая технология
и промышленная экология»
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности

Аннотация. Проведены исследования по разработке получения экологически чистого дизельного топлива методом жидкостной экстракции с применением избирательно-го растворителя N-метилпирролидоном.

Выявлены оптимальные технологические параметры процесса (время, температура, кратность сырья). Установлено, что для процесса экстракционного облагораживания дизельных фракций достаточно вовлечение в процесс тяжелой фракции с температурой начала кипения не ниже 2600 °С с последующим компаундированием полученного рафината с легким компонентом.

Ключевые слова: экологически чистое дизельное топливо, N-метилпирролидон, рафинат, прямогонная дизельная фракция.

Bagirova Nargiz Nazim qizi

Docent, Candidate of Chemical Sciences,
Department of Petrochemical Technology
and Industrial Ecology,
Azerbaijan State Oil and
Industry University

Annotation. Research has been carried out to develop the production of ecologically pure diesel oil by liquid extraction using a selective solvent - N-methylpyrrolidone.

The optimal technological parameters of the process (time, temperature, multiplicity of raw materials) are revealed. It was found that for the process of extraction refinement of diesel fractions, it is sufficient to involve a heavy fraction with a boiling point of at least 2600 °C in the process, followed by compounding of the resulting raffinate with a light component.

Keywords: ecologically pure diesel oil, N-methylpyrrolidone, refined, straight – run diesel fraction.

Основными потребителями дизельного топлива являются грузовой, авиационный, железнодорожный транспорт, суда и сельхозтехника.

В связи с переходом нефтеперерабатывающей промышленности на выпуск топлив, соответствующих экологическим стандартам Евро-3 и Евро-4, перед нефтеперерабатывающей промышленностью встает задача по внедрению новых технологий для получения экологически чистого дизельного топлива [1].

Для получения экологически чистого дизельного топлива применялся метод жидкостной экстракции, который позволяет снизить содержание ароматических углеводородов и позволяет извлечь сернистые соединения.

В качестве растворителя этого процесса использовали N-метилпирролидон, преимуществом которого является то, что он не образует с водой азеотропные смеси, малотоксичен, обладает меньшей вязкостью [2].

Для проведения экспериментов по экстракционному облагораживанию дизельных фракций в качестве сырья были использованы прямогонные дизельные фракции разной температурой кипения. Производили разгонку всей широкой дизельной фракции на легкий и тяжелый компонент. Обработывали тяжелый компонент методом жидкостной экстракции N-метилпирролидоном, после чего выделенный рафинат смешивали с легким компонентом с целью получения компаундированной дизельной фракции с низким содержанием сернистых соединений и ароматических углеводородов.

Повышение температуры экстракции негативно сказывается как на выходе рафината, так и на его качестве. Это можно объяснить повышением растворяющей способности и снижением избирательности N-метилпирролидона к нежелательным компонентам (сернистым соединениям и ароматическим углеводородам) при повышении температуры, поэтому в исследованном диапазоне температур процесс лучше проводить при возможно низкой температуре, т.е. 20–30 °С. Таким образом, значение температуры экстракции можно установить на уровне температуры окружающей среды,

так как ее поддержание не требует дополнительных энергозатрат. Проведенные эксперименты показали, что повышение температуры начала кипения дизельной фракции вызывает повышение избирательности N-метилпирролидона по отношению к нежелательным компонентам [3].

Наиболее заметно это проявляется при увеличении температуры начала кипения дизельной фракции с 230 °С до 260 °С. Дальнейшее увеличение температуры начала кипения дизельной фракции вызывает не столь существенный рост избирательности N-метилпирролидона. По этой причине температура начала кипения обрабатываемой дизельной фракции должна быть не ниже 260 °С. Повышение температуры начала кипения обрабатываемой дизельной фракции способствует увеличению выхода рафината при одновременном снижении качества компаундированной дизельной фракции. Поэтому выбор конкретного значения температуры начала кипения дизельной фракции должен определяться в каждом конкретном случае требованиями к качеству и выходу конечного продукта.

Результаты, показывают, что предлагаемый способ позволяет за счет окисления фракции 315–360 °С водным раствором перекиси водорода, последующей экстракции продукта окисления N-метилпирролидоном и последующим гидрированием смеси (рафинат 315–360 °С + фр. 150–315 °С) получать дизельные топлива, соответствующие требованиям стандартов Евро-4 и Евро-5 с низким содержанием серы и полициклических ароматических углеводородов. Кроме того, предлагаемый способ позволяет сократить затраты на производство дизельного топлива за счет использования исходного сырья – прямогонной дизельной фракции. Образующийся экстракт полициклических ароматических и окисленных сероорганических соединений может быть использован в качестве сырья для установок термического крекинга, получения высококипящих ароматических растворителей и теплоносителей, флотореагентов для обогащения руд металлов платиновой группы [4].

Способ получения экологически чистого дизельного топлива, включающий разделение исходной дизельной фракции на легкий и тяжелый компоненты с последующей переработкой тяжелого компонента, экстракцию N-метилпирролидоном с получением экстрактного и рафинатного растворов с последующей регенерацией N-метилпирролидона из экстрактного и рафинатного растворов с выделением рафината и компаундированием его с легким компонентом дизельной фракции, отличающийся тем, что тяжелый компонент дизельной фракции перерабатывают путем окисления 30 %-ным водным раствором перекиси водорода в присутствии ацетона в качестве катализатора при температуре 90 °С, времени окисления 20 мин и при интенсивном перемешивании, а экстракции N-метилпирролидоном подвергают продукт окисления тяжелого компонента дизельной фракции после отделения воды, причем объемное соотношение продукта окисления тяжелого компонента дизельной фракции и N-метилпирролидона составляет 1,0 : 2,5, при этом компаундирование рафината с легким компонентом прямогонной дизельной фракции проводят при соотношении 10,5 : 89,5 об. % соответственно, а компаунд рафината с легким компонентом дизельного топлива подвергают гидроочистке при температуре 340 °С, давлении 3,0 МПа и соотношении водорода к сырью 400 : 1 с получением гидрогенизата - экологически чистого дизельного топлива, при этом в качестве исходной дизельной фракции используют прямогонную дизельную фракцию, а легкий и тяжелый компоненты дизельной фракции представляют собой фракции 150–315 °С и 315–360 °С соответственно.

Согласно данным, экстракционное облагораживание позволяет значительно улучшить эксплуатационные качества дизельной фракции по величине цетанового числа, содержанию серы и ароматических углеводородов, но приводит к небольшому снижению температуры застывания получаемых продуктов (в результате жидкостной экстракции повышается концентрация нормальных углеводородов, имеющих более высокую температуру застывания, чем ароматические углеводороды). Повышение температуры начала кипения подвергаемого жидкостной экстракции тяжелого компонента дизельной фракции неблагоприятно сказывается на качестве продукта экстракционного облагораживания, следовательно снижается степень влияния данного параметра на качество конечного продукта. Однако для обоснования выбора режима

предварительной разгонки при применении метода экстракционного облагораживания в промышленных условиях необходимо руководствоваться производительностью установок и многими другими техническими условиями [5].

Для прямогонной дизельной фракции 23–350 °С:

$$S = -0,117 + 0,004ТНК - 0,0832К, \quad (1)$$

$$Аг = -16,7714 + 0,1256ТНК - 1,6429К, \quad (2)$$

$$W = -116,6723 + 0,1256ТНК - 1,6429К. \quad (3)$$

Для прямогонной дизельной фракции 180–360 °С:

$$S = 0,0389 + 0,0003ТНК - 0,0188К, \quad (4)$$

$$Аг = 2,2107 + 0,035ТНК - 1,2649К, \quad (5)$$

$$W = 11,6476 + 0,2936ТНК - 6,6548К. \quad (6)$$

где S – содержание серы в компаундированной дизельной фракции,
 Аг – содержание ароматических углеводородов в компаундированной дизельной фракции,
 W – выход компаундированной дизельной фракции,
 ТНК – температура начала кипения тяжелого компонента,
 К – массовая кратность соотношения N-метилпирролидона к тяжелому компоненту.

Выводы: Как видно из полученных уравнений, повышение температуры начала кипения тяжелого компонента приводит к увеличению содержания сернистых соединений и ароматических углеводородов в компаундированной дизельной фракции (ухудшению качества) и повышению ее выхода. Увеличение массовой кратности соотношения N-метилпирролидона к тяжелому компоненту способствует снижению содержания сернистых соединений и ароматических углеводородов в компаундированной дизельной фракции (улучшению качества), но снижает ее выход.

Литература

1. Кондрашева Н.К., Еремеева А.М., Нелькенбаум К.С. Разработка отечественной технологии получения высококачественного экологически чистого дизельного топлива // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2018. – Т. 61. – Вып. 9–10. – С. 76–82.
2. Методы получения дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями / О.А. Баулин [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2007. – Т. 5. – № 1. – С. 189–192.
3. Башкатова С.Т., Смирнова Л.А., Егоркина Ю.Б. Многофункциональная присадка для дизельных топлив // Химия нефти и газа. – Томск, 2009. – С. 705–707.
4. Аппазов А.Ю., Пыхалова Н.В., Баламедова У.А. Экстракционное облагораживание дизельных фракций с применением N-метилпирролидона // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2012. – № 4. – С.12–15.
5. Аппазов А.Ю., Пыхалова Н.В., Баламедова У.А. Исследование влияния условий проведения жидкостной экстракции дизельной фракции N-метилпирролидоном на экологические показатели дизельного топлива // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2011. – № 12. – С. 19–23.

References

1. Kondrasheva N.K., Eremeeva A.M., Nelkenbaum K.S. Development of domestic technology for obtaining high-quality environmentally friendly diesel fuel // Izv. universities. Chemistry and chem. technology. – 2018. – Vol. 61. – Issue. 9–10. – P. 76–82.
2. Methods for obtaining diesel fuels with improved environmental performance / O.A. Baulin [et al.] // Oil and gas business. – 2007. – Vol. 5. – № 1. – P. 189–192.
3. Bashkatova S.T., Smirnova L.A., Egorkina Yu.B. Multifunctional additive for diesel fuels // Chemistry of oil and gas. – Tomsk, 2009. – P. 705–707.
4. Appazov A.Yu., Pykhalova N.V., Balamedova U.A. Extractive refinement of diesel fractions using N-methylpyrrolidone // Oil refining and petrochemistry. – 2012. – № 4. – P.12–15.
5. Appazov A.Yu., Pykhalova N.V., Balamedova U.A. Investigation of the influence of the conditions for the liquid extraction of the diesel fraction with N-methylpyrrolidone on the environmental performance of diesel fuel // Oil refining and petrochemistry. – 2011. – № 12. – P. 19–23.

УДК 621.316.729(088.8)

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В СРЕДЕ SIMULINK
ПАКЕТА MATLAB ПУСКОВОГО ОРГАНА ПО ЧАСТОТЕ
БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ АВР**



**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL IN
THE SIMULINK ENVIRONMENT OF THE MATLAB PACK AGE
OF THE STARTING ORGAN BY FREQUENCY HIGH-SPEED AVR**

Беседин Евгений Алексеевич

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

Гудименко Николай Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
sprint071@list.ru

Климов Андрей Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
aklimov150997@gmail.com

Сафонов Тихон Сергеевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
safonovtikhon4@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные способы моделирования пусковых органов по частоте быстродействующих АВР. Рассмотрена структура и алгоритм работы редактора создания пользовательских библиотек. Выполнена разработка математической модели пускового органа по частоте быстродействующего АВР в среде Simulink-4.

Ключевые слова: противоаварийная автоматика электроэнергетических систем, быстродействующее автоматическое включение резерва, пусковой орган по частоте, редактор создания пользовательских библиотек, математическая модель в среде Simulink-4.

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

Gudimenko Nikolay Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University
sprint071@list.ru

Klimov Andrey Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
aklimov150997@gmail.com

Safonov Tikhon Sergeevich

Student,
Kuban State Technological University
safonovtikhon4@gmail.com

Annotation. The article discusses the main methods of modeling starting organs by the frequency of high-speed AVR. The structure and algorithm of the editor for creating user libraries are considered. The development of a mathematical model of the starting organ based on the frequency of a high-speed AVR in the Simulink-4 environment has been carried out.

Keywords: emergency automation of electric power systems, high-speed automatic activation of the reserve, a frequency trigger, an editor for creating user libraries, a mathematical model in the Simulink-4 environment.

Период развития релейной защиты в течение века по настоящее время включает в себя этап применения сначала электромеханических систем, затем ламповой электронной техники, далее этап применения дискретных полупроводниковых схем и, наконец, этап внедрения интегральных схем различной степени сложности. Эти этапы нельзя разделить между собой, они плавно переходили друг к другу. Можно только отметить моменты их появления. Сейчас и в ближайшем будущем будут использоваться все эти типы устройств.

Современные средства релейной защиты в большинстве случаев являются стационарными системами, реагирующими на интегральные значения (действующие, средние и т.д.) переменных промышленной частоты. Поэтому их уставки срабатывания соответствуют, как правило, установившимся процессам короткого замыкания. Такой принцип контроля может быть отнесен к статическому. Точность его предельно высока тогда, когда переходный процесс в защищаемом оборудовании заканчивается за время, меньшее времени, отводимого на контроль. Сокращение же времени, отводимого на

контроль, с одной стороны, и увеличение длительности переходных процессов в электрических системах, с другой стороны, приводит к тому, что во время контроля объект еще находится в переходном режиме. Следовательно, защита должна принять решение о состоянии объекта на основании измерения или контроля нестационарных сигналов.

Важным условием для разработки современных систем противоаварийной автоматики является применение эффективных алгоритмов анализа работы элементов системы электроснабжения. Одним из таких средств является вычислительная система MatLab с пакетом динамического моделирования Simulink. Последний позволяет моделировать сложные динамические системы, к которым относятся и системы электроснабжения, с помощью стандартных библиотечных блоков, а также предоставляет возможность разработки и применения собственных блоков и формирования пользовательских библиотек для решения поставленных задач.

Как показал анализ существующих решений, отсутствуют аналогичные схемные решения для систем электроснабжения, содержащих в своем составе как высоковольтные синхронные, так и асинхронные электродвигатели. Поэтому при разработке схемы управления БАВР с улучшенными информационными характеристиками целесообразно использовать технические решения обоих вышерассмотренных устройств, комбинируя их в комплексный блок, реагирующий как на частоту, так и на напряжение на защищаемой системе шин. Вариант решения вопроса моделирования пускового органа по частоте рассмотрен ниже.

Для анализа работы данного пускового органа необходимо разработать его модель в системе Simulink и разместить в библиотеке блоков. Библиотека блоков – это специальная модель системы Simulink, которая преследует ту же цель, что и библиотека подпрограмм в алгоритмических языках программирования. При копировании блока из библиотеки в окно модели копия блока связывается с оригинальной версией блока в библиотеке. Если блок, находящийся в библиотеке блоков, изменяется, то это изменение затрагивает все используемые копии этого блока. Блок, помещенный в библиотеку, называется библиотечным блоком (**library block**). Копия библиотечного блока в модели носит название экземпляра блока (**reference block**). Каждый такой блок имеет собственные данные (поля диалогового окна), но его функциональные возможности определяются библиотечным блоком.

Экземпляр блока не может быть изменен. Таким образом, например, в случае выбора блока, для которого библиотечный блок является маскированной подсистемой, в меню **Edit** окна модели будет отсутствовать команда **Edit mask**. Позиция **Lookunder mask** присутствовать будет, однако, если при просмотре структуры маскированного блока попытаться изменить основную подсистему, система Simulink выдаст сообщение об ошибке.

Для создания библиотеки блоков следует выбрать команду **Library** меню второго уровня **New** главного меню **File** окна модели или окна главной библиотеки системы Simulink. (Библиотеку блоков Simulink можно открыть путем нажатия правой кнопки мыши на пиктограмме библиотеки Simulink в окне **Simulink Library Browser** и последующего выбора пункта меню **Open the «Simulink» Library**.) В появившееся окно новой библиотеки следует скопировать требуемые блоки и затем сохранить новую библиотеку блоков. Как только библиотека будет сохранена, все блоки в библиотеке станут библиотечными блоками, а блоки, копируемые из этой библиотеки – экземплярами.

Можно создавать вложенные библиотеки блоков, добавляя подсистемы в окно библиотеки. Например, каждая библиотека (**Sources**, **Sinks** и так далее) в главной библиотеке Simulink представляет собой подсистему, которая содержит набор не связанных друг с другом блоков. Для создания подсистемы библиотеки блоков необходимо перенести пустой блок **Subsystem** в окно библиотеки блоков. Далее необходимо открыть блок **Subsystem** и добавить требуемые блоки в его окно. Библиотека подсистем может быть маскирована, как и обычные библиотеки в библиотеке блоков Simulink. Маскированная подсистема может иметь собственное графическое изображение, но она не должна иметь каких-либо полей диалогового окна (центральная часть вкладки **Initialization** диалогового окна **Mask Editor** должна быть пустой), а также поле **Block description** на вкладке **Documentation** должно быть пустым. В противном случае, двойное нажатие левой кнопки мыши на изображении блока библиотеки приведет к открытию диалогового окна блока, вместо открытия окна подсистемы, из которого можно копировать блоки.

Заключительным шагом в создании библиотеки блоков является добавление каталога, в котором сохранена библиотека, в список путей доступа системы MatLab. Экземпляры блоков могут находить только те библиотечные блоки, которые находятся в каталоге, представленном в списке путей доступа системы MatLab или в текущем каталоге.

Как только библиотека блоков сохранена, она блокируется и уже не может быть изменена. Если все же требуется внести изменения в библиотеку блоков, например, добавить блоки или исправить некоторый блок, то необходимо сначала разблокировать библиотеку. Для того чтобы разблокировать библиотеку блоков, следует воспользоваться командой **Unlock library** меню **Edit** окна библиотеки. В результате библиотека будет разблокирована на то время, пока она открыта. Чтобы повторно заблокировать библиотеку, необходимо закрыть библиотеку и затем снова открыть ее.

В случае внесения изменений в блок, входящий в библиотеку, изменения вступят в силу для каждого соответствующего экземпляра блока, когда модель, содержащая экземпляр блока, открыта или выполняется моделирование, или когда в меню **File** окна модели выбрана команда **Update diagram**.

Для того чтобы найти библиотечный блок, соответствующий экземпляру блока, следует выделить экземпляр блока, и затем выбрать команду **Goto library block** меню второго уровня **Linkoptions** главного меню **Edit** окна модели.

Экземпляр блока может быть преобразован в обычный блок путем разрыва его связи с библиотечным блоком. Для того чтобы удалить связь, необходимо выделить блок и затем выбрать команду **Disablelink** меню второго уровня **Linkoptions** главного меню **Edit** окна модели. Разрыв связи затрагивает только выделенный экземпляр блока. Библиотечный блок и другие соответствующие ему экземпляры блока не будут затронуты.

В том случае, если Simulink не может найти библиотечный блок, соответствующий экземпляру блока, то в этом случае изображение экземпляра блока отрисовывается пунктирной линией красного цвета, а на экран выводится соответствующее сообщение об ошибке. Для решения данной проблемы необходимо удалить экземпляр блока из окна модели и затем повторно его вставить. В качестве альтернативы можно дважды нажать левую кнопку мыши на изображении этого блока, и в появившемся диалоговом окне вручную указать путь к блоку.

Существуют различные схемные решения пусковых органов по частоте для автоматического включения резерва. Для быстродействующих АВР наиболее приемлемым является пусковой орган, описанный в [4]. Его принцип работы состоит в следующем. Рассмотрим диаграммы сигналов, приведенные на рисунке 1.

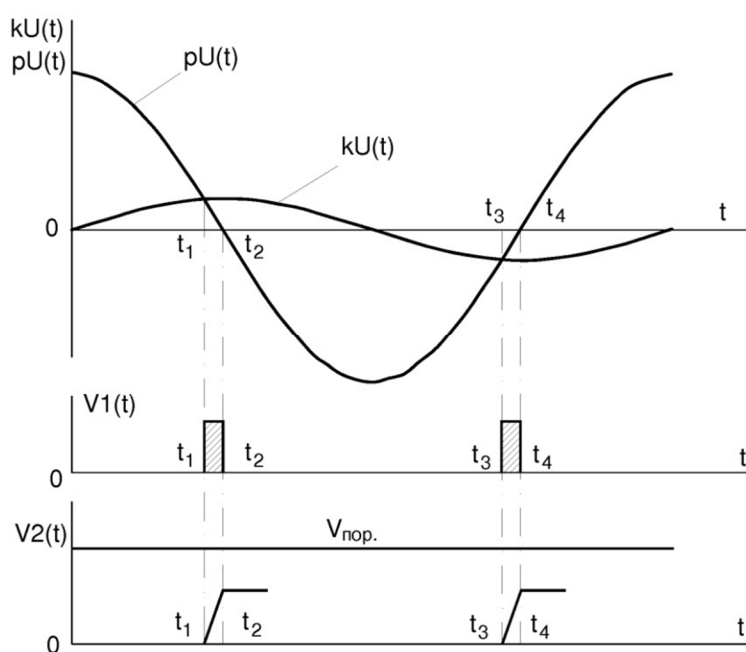


Рисунок 1 – Диаграммы сигналов пускового органа по частоте

Для выявления снижения частоты сравниваются два сигнала – напряжение $kU(t)$ и его производная $pU(t)$. По результатам сопоставления этих сигналов формируется импульс $V1(t)$, передний фронт которого формируется в момент пересечения указанных кривых, а задний фронт – при переходе кривой производной напряжения через нуль. Затем этот импульс поступает на интегрирующий блок, на выходе которого формируется сигнал $V2(t)$, который сравнивается с пороговым значением $V_{пор.}$.

Ширина импульса $V1(t)$ зависит от частоты. В нормальном режиме он имеет малую ширину, что обеспечивается соотношением кривых напряжения и его производной коэффициентом пропорциональности k . Поэтому на выходе интегратора сигнал не достигнет порогового значения, и устройство не сработает. В аварийном режиме, когда частота начинает снижаться, амплитуда производной напряжения также начнет снижаться, поскольку она зависит от частоты. Ширина импульса $V1(t)$ начнет увеличиваться, увеличится и верхнее значение сигнала $V2(t)$. При определенной частоте этот сигнал превысит пороговое значение $V_{пор.}$, и от пускового органа поступит сигнал на включение АВР.

Работу данного устройства моделирует следующая модель, приведенная на рисунке 2. Сигнал напряжения с входа модели поступает на пропорциональный блок, на выходе которого формируется сигнал $kU(t)$, и на дифференциатор, на выходе которого формируется сигнал $pU(t)$. С выхода дифференциатора сигнал $pU(t)$ поступает на вход первого триггера, кроме того, этот сигнал и сигнал $kU(t)$ поступают на входы первого сумматора. На выходе сумматора формируется сигнал разности входных сигналов, который подается на вход второго триггера.

Каждый из триггеров при положительном значении входного сигнала на своем выходе формирует сигнал равный 10 единицам, а при отрицательном значении – нулевой сигнал. Если сигналы с выходов этих триггеров вычесть во втором сумматоре и пропустить через первый блок абсолютного значения, то на выходе последнего получим прямоугольный сигнал, равный нулю на интервалах времени $[t_1, t_2]$, $[t_3, t_4]$ и 10 единицам на других интервалах времени.

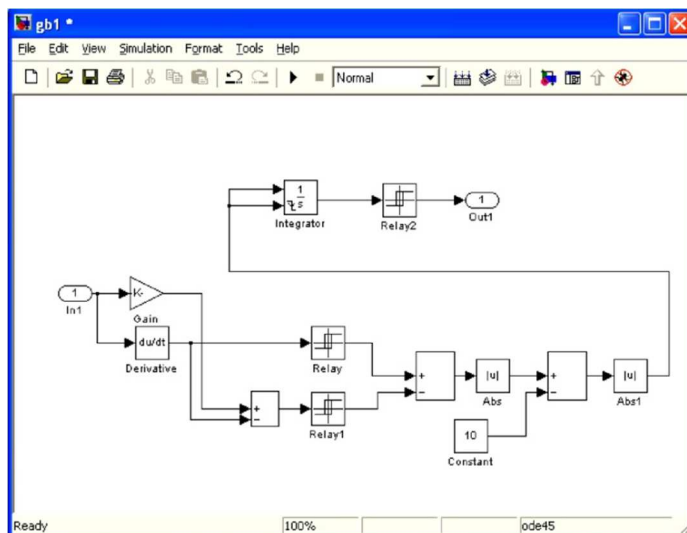


Рисунок 2 – Модель пускового органа по частоте

На практике же нужно получить противоположный результат. Для этого на третьем сумматоре вычтем 10 единиц от этого сигнала и пропустим его через второй блок абсолютного значения. Получим импульсы $V1(t)$, приведенные на рисунке 1.

Данные импульсы подаем на интегратор, при этом задний фронт этого импульса обнуляет значение интегратора. Сигнал с выхода интегратора поступает на вход третьего триггера, который срабатывает при достижении сигналом положительного значения 0,035, что соответствует частоте 45 Гц. При снижении частоты входного сигнала до данного значения и выше на выходе третьего триггера появится сигнал. Это отражено на рисунке 3 для частоты 44 Гц.

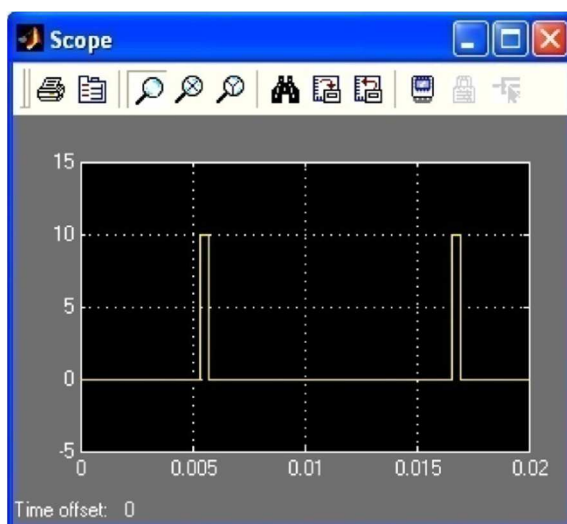


Рисунок 3 – Осциллограмма модели пускового органа по частоте в аварийном режиме

Таким образом, полученная модель пускового органа по частоте позволяет моделировать динамические процессы в системе электроснабжения при наличии быстродействующего АВР с синхронными высоковольтными двигателями.

Для дальнейшего использования данной модели с целью анализа систем электроснабжения было произведено ее маскирование и размещение в пользовательской библиотеке Simulink-4.

Разработанная модель динамического моделирования пускового органа по частоте быстродействующего АВР в среде Simulink-4 позволяет с достаточно большой степенью точности проанализировать работу системы электроснабжения, содержащей быстродействующее устройство АВР с высоковольтными синхронными электродвигателями.

Литература

1. А.С. 1410182 СССР Н 02 J 3/00, Н 02 Н 9/02. Система электроснабжения с токоограничением / Б.А. Коробейников [и др.]. – № 4170428/24-07. – Заявл. 30.12.86. – Оpubл. 15.07.88. – Бюл. № 26.
2. А.С. 1688349 СССР Н 02 J 9/06. Устройство для автоматического включения резервного питания потребителей / Б.А. Коробейников [и др.]. – № 4651180/07. – Заявл. 06.01.89. – Оpubл. 30.10.91. – Бюл. № 40.
3. А.С. 1709462 СССР Н 02 J 9/06. Коробейников Б.А., Ищенко А.И., Беседин Е.А. Устройство быстродействующего автоматического включения резерва. – № 4727170/07. – Заявл. 07.08.89. – Оpubл. 30.01.92. – Бюл. № 4.
4. А.С. 1330701 СССР Н 02 J 3/40, 9/06. Пусковой орган противоаварийной автоматики / Б.А. Коробейников [и др.]. – № 3935925/24-07. – Заявл. 30.07.85. – Оpubл. 15.08.87. – Бюл. № 30.
5. Дэбни Дж.Б., Харман Т.Л. Simulink-4. Секреты мастерства / Пер. с англ. М.Л. Симонова. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2003. – 403 с.

References

1. A.S. 1410182 USSR Н 02 J 3/00, Н 02 Н 9/02. Power supply system with current limitation / B.A. Korobeinikov [et al.]. – № 4170428/24-07. – Appl. 12/30/86. – Published. 07/15/88. – Bull. № 26.
2. A.S. 1688349 USSR Н 02 J 9/06. Device for automatic switching on of consumer backup power / B.A. Korobeinikov [et al.]. – № 4651180/07. – Appl. 01/06/89. – Published. 10/30/91. – Bull. № 40.
3. A.S. 1709462 USSR Н 02 J 9/06. Korobeinikov B.A., Ishchenko A.I., Besedin E.A. High-speed automatic transfer device. – № 4727170/07. – Appl. 08/07/89. – Published. 01/30/92. – Bull. № 4.
4. A.S. 1330701 USSR Н 02 J 3/40, 9/06. Starting body of emergency automatics / B.A. Korobeinikov [et al.]. – № 3935925/24-07. – Appl. 07/30/85. – Published. 08/15/87. – Bull. № 30.
5. Dabney J.B., Harman T.L. Simulink-4. Secrets of mastery / Per. from English. M.L. Simonov. – M.: BINOM, Knowledge Laboratory, 2003. – 403 p.

УДК 621.316.925(088.8)

**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО АВР
С УЛУЧШЕННЫМИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ
НА БАЗЕ ВАКУУМНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ**



**DEVELOPMENT OF A CONTROL SCHEME FOR A HIGH-SPEED AVR
WITH IMPROVED INFORMATION CHARACTERISTICS BASED
ON A VACUUM CIRCUIT BREAKER**

Беседин Евгений Алексеевич

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

Гудименко Николай Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
sprint071@list.ru

Климов Андрей Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
aklimov150997@gmail.com

Сафонов Тихон Сергеевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
safonovtikhon4@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрены основные области применения быстродействующих устройств на основе применения современных высоковольтных вакуумных выключателей. Рассмотрен алгоритм работы схемы управления устройства быстродействующего автоматического включения резерва с улучшенными характеристиками на основе высоковольтного вакуумного выключателя. Приведена структурная схема управления с улучшенными характеристиками для быстродействующего АВР с вакуумным выключателем и дано описание ее работы.

Ключевые слова: противоаварийная автоматика электроэнергетических систем, быстродействующее автоматическое включение резерва с улучшенными характеристиками, вакуумный выключатель, силовая часть быстродействующего автоматического включения резерва, тиристорный коммутатор.

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

Gudimenko Nikolay Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University
sprint071@list.ru

Klimov Andrey Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
aklimov150997@gmail.com

Safonov TikhonSergeevich

Student,
Kuban State Technological University
safonovtikhon4@gmail.com

Annotation. The article discusses the main areas of application of high-speed devices based on the use of modern high-voltage vacuum circuit breakers. The algorithm of operation of the control circuit of a high-speed automatic reserve switching device with improved characteristics based on a high-voltage vacuum circuit breaker is considered. A control block diagram with improved characteristics for a high-speed AVR with a vacuum circuit breaker is presented and a description of its operation is given.

Keywords: emergency automation of electric power systems, high-speed automatic switching on of the reserve with improved characteristics, vacuum circuit breaker, power part of the high-speed automatic switching on of the reserve, thyristor switch.

Период развития релейной защиты в течение века по настоящее время включает в себя этап применения сначала электромеханических систем, затем ламповой электронной техники, далее этап применения дискретных полупроводниковых схем и, наконец, этап внедрения интегральных схем различной степени сложности. Эти этапы нельзя разделить между собой, они плавно переходили друг к другу. Можно только отметить моменты их появления. Сейчас и в ближайшем будущем будут использоваться все эти типы устройств.

Каждый этап имеет свои характерные особенности. Так, в процессе развития электромеханических систем в целом были сформулированы принципы построения устройств защиты оборудования электрических станций и систем, ориентированные в

основном на контроль интегральных параметров тока, напряжения и их соотношения. Используя полупроводниковые компоненты, стремились, в первую очередь, улучшить массогабаритные показатели и повысить надежность.

Новая аналоговая элементная база включает в себя универсальные операционные усилители, компараторы, перемножители сигналов, коммутаторы, стабилизаторы напряжения, аналогово-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Аналоговые интегральные схемы позволяют также создавать различные специализированные средства автоматизации на их основе. Применение аналоговых интегральных схем увеличивает точность быстродействия и надежность защит, а также упрощает их процесс изготовления, наладки, обслуживания и значительно улучшает показатели габаритов и массы.

Современные средства релейной защиты в большинстве случаев являются стационарными системами, реагирующими на интегральные значения (действующие, средние и т.д.) переменных промышленной частоты. Поэтому их уставки срабатывания соответствуют, как правило, установившимся процессам короткого замыкания. Такой принцип контроля может быть отнесен к статическому. Точность его предельно высока тогда, когда переходный процесс в защищаемом оборудовании заканчивается за время, меньшее времени, отводимого на контроль. Сокращение же времени, отводимого на контроль, с одной стороны, и увеличение длительности переходных процессов в электрических системах, с другой стороны, приводит к тому, что во время контроля объект еще находится в переходном режиме. Следовательно, защита должна принять решение о состоянии объекта на основании измерения или контроля нестационарных сигналов.

Принятое решение релейная защита и противоаварийная автоматика также должна быстро реализовать, так как большое время срабатывания коммутационной аппаратуры сводит на нет быстродействие системы распознавания аварийной ситуации. С этой целью используются различные алгоритмы ускорения коммутации силовых электрических цепей. На базе существующих масляных выключателей, имеющих достаточно большое время срабатывания, наиболее популярен алгоритм опережающего включения масляного секционного выключателя на короткое замыкание в момент его отключения линейным выключателем. Данный метод недостаточно надежен, так как при отказе линейного выключателя будет обесточена и вторая, исправная система шин. Более надежными являются устройства с применением силовой полупроводниковой техники в цепях коммутации силовых электрических цепей. Но и они имеют недостаток – данные устройства должны иметь свою импульсную схему управления, что приводит к удорожанию устройства.

В последнее время достигнуты большие результаты в разработке силовых вакуумных выключателей, что позволяет использовать их вместо тиристорных коммутаторов практически без ущерба быстродействию. Они просты в обслуживании, достаточно надежны в работе [1].

В настоящее время существуют различные способы управления силовой частью устройств автоматического включения резервного питания потребителей. В большой степени конфигурация схемы управления зависит от того, что является в силовой части устройства в качестве коммутационного аппарата.

Наиболее простыми схемами являются схемы управления устройствами автоматического ввода резерва (АВР), построенными на обычных масляных выключателях. Такие устройства обладают невысоким быстродействием и поэтому используются в схемах электроснабжения с потребителями, которые на период включения резервного питания допускают перерыв в питании несколько секунд. Обычно это схемы электроснабжения, не имеющие в своем составе мощные высоковольтные электродвигатели. Как правило, эти схемы управления реагируют на исчезновение напряжения на секции шин, при этом подается сигнал на отключение поврежденной секции шин от основного источника питания, а при отключении последнего – сигнал на включение секционного выключателя. В ряде случаев для ускорения срабатывания АВР сигнал на включение секционного выключателя подается одновременно с подачей сигнала на отключение

линейного выключателя. В этом случае имеет место кратковременное включение резервного источника на аварийную цепь, однако это не приводит в основном к нарушению резервного питания, хотя определенная вероятность такого случая есть. В других случаях параллельно основному секционному выключателю включается второй быстродействующий выключатель на время срабатывания основного выключателя, при этом включение этих выключателей осуществляется сигналом, поступающим при отключении линейного выключателя. В этом случае ускоряется срабатывание АВР без угрозы повреждения резервного источника питания, как это имеет место в предыдущем случае. Однако это приводит к удорожанию схемы.

Более совершенные схемы управления АВР с улучшенными информационными характеристиками на базе масляных и воздушных выключателей имеют в своем составе орган направления мощности, который определяет местоположение точки короткого замыкания. Если эта точка находится за пределами линейного выключателя, то будет дано разрешение на срабатывание АВР. В противном же случае будет дан запрет на срабатывание АВР, так как отключение линейного выключателя не приводит к отключению от поврежденного участка. Срабатывание АВР в таком случае приведет к отключению и резервного источника, что приведет еще к большему ущербу. В остальном работа схемы управления аналогична вышерассмотренной.

Более совершенными являются схемы АВР на базе масляных выключателей и параллельно включенным секционному выключателю тиристорным коммутатором. Например, в [2] рассматривается схема управления АВР для системы электроснабжения с высоковольтными синхронными двигателями, а в [3] – схема управления АВР для системы электроснабжения с высоковольтными асинхронными двигателями. В первом устройстве снимается сигнал частоты на контролируемой секции шин, так как в аварийном режиме синхронные двигатели за счет форсировки возбуждения некоторое время после исчезновения питания сети поддерживают напряжение на секции шин близким к номинальному. Данное устройство содержит орган направления мощности, который определяет направление тока в аварийном режиме. Если точка короткого замыкания находится выше линейного выключателя, то через трансформатор тока линейного ввода ток протекает от секции шин к точке короткого замыкания за счет подпитывающего эффекта синхронных электродвигателей. Данный орган в этом случае дает разрешение на срабатывание АВР. Если же точка короткого замыкания находится на контролируемой секции шин, то включение на нее резервного источника недопустимо, так как приведет к отключению и его. В этом случае ток через трансформатор тока линейного ввода протекает к секции шин, и орган направления мощности дает запрет на включение АВР.

Также устройство содержит орган контроля режима системы. Его наличие необходимо для анализа возможности самозапуска двигателей после кратковременного перерыва питания. Эта возможность определяется прогнозированием процесса самозапуска по производной сигнала в самом начале этого процесса. В случае прогнозирования успешности самозапуска орган контроля режима системы дает разрешение на включение АВР, в противном случае он дает запрет, так как неуспешность самозапуска двигателей приведет к отключению и резервного источника питания.

Аналогично работает и схема управления устройством, описанным в [3], только в этом устройстве контролируемым сигналом является не частота, а напряжение на контролируемой системе шин. Это связано с тем, что данное устройство предусмотрено для работы в системах электроснабжения с высоковольтными асинхронными электродвигателями, которые, в отличие от синхронных электродвигателей, являются самовозбуждающимися, а их подпитывающий эффект кратковременен по времени. Поэтому при коротком замыкании в таких схемах напряжение снижается значительно быстрее частоты.

Как показал анализ существующих решений, отсутствуют аналогичные схемные решения для систем электроснабжения, содержащих в своем составе как высоковольтные синхронные, так и асинхронные электродвигатели. Поэтому при разработке схе-

мы управления БАВР с улучшенными информационными характеристиками целесообразно использовать технические решения обоих вышерассмотренных устройств, комбинируя их в комплексный блок, реагирующий как на частоту, так и на напряжение на защищаемой системе шин. Вариант такого решения рассмотрен ниже.

Схема управления быстродействующими АВР (БАВР) с улучшенными информационными характеристиками представлена на рисунке 1 для одной системы шин. Мгновенное значение сигнала напряжения защищаемой секции шин снимается с помощью трансформатора напряжения ТН1. Кроме того, на один из входов схемы управления подается сигнал мгновенного значения тока на вводе данной секции шин, снимаемый с вводного трансформатора тока (на схеме не показан). Схема содержит орган контроля частоты 1, орган контроля напряжения 2, орган направления мощности 3, пороговый элемент частоты 4, пороговый элемент напряжения 5, орган контроля режима системы 6, схема ИЛИ 7, орган разности напряжений 8, первая схема И 9, вторая схема И 10, орган разности частот 11, орган выдержки времени 12.

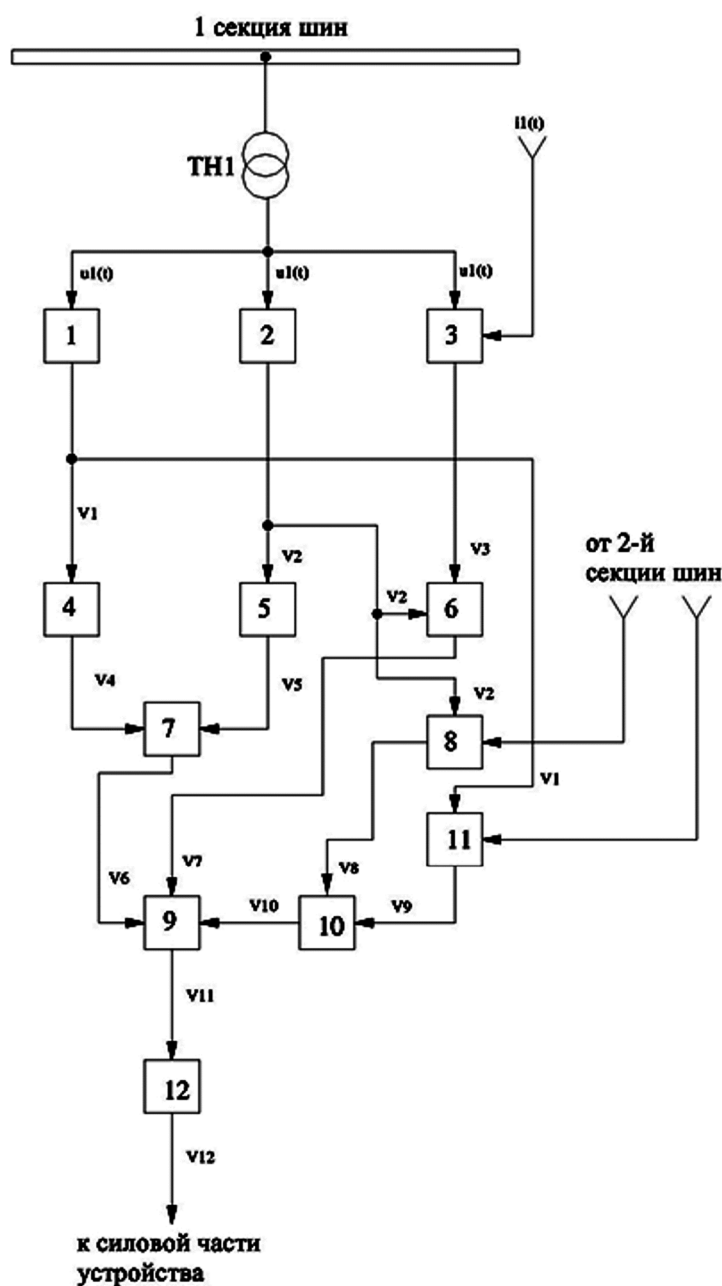


Рисунок 1 – Схема структурная управления БАВР

Конструктивное исполнение данных составных элементов и их элементная база полностью соответствуют одноименным элементам, описанным в [2] и [3].

Устройство работает следующим образом. Сигнал мгновенного значения напряжения $u_1(t)$ подается на входы органа контроля частоты 1, органа контроля напряжения 2 и органа направления мощности 3. На выходе органа контроля частоты 1 формируется сигнал V1, величина которого пропорциональна величине частоты напряжения на секции шин. Этот сигнал поступает на вход порогового элемента частоты 4 и на первый вход органа разности частот 11. На выходе органа контроля напряжения 2 формируется сигнал V2, величина которого пропорциональна амплитуде напряжения на секции шин. Этот сигнал поступает на вход порогового элемента напряжения 5, а также первые входы органа контроля режима системы 6 и органа разности напряжений 8.

На выходе органа направления мощности 3 формируется сигнал V3, если сигнал $u_1(t)$ и подаваемый на второй вход сигнал $i_1(t)$ отличаются по фазе более, чем на 90° . Этот сигнал подается на второй вход органа контроля режима системы 6. На выходе порогового элемента частоты 4 формируется сигнал V4, если частота снижается ниже заданной, а на выходе порогового элемента напряжения 5 формируется сигнал V5, если аналогично напряжение снижается ниже заданного. Оба эти сигнала поступают на входы схемы ИЛИ 7, на выходе которой формируется сигнал V6, если хотя бы один из входных сигналов не равен нулю. На выходе органа контроля режима системы 6 сигнал V7 будет иметь место в том случае, если, с одной стороны, имеет место аварийный режим, и ток протекает от секции шин в энергосистему. С другой стороны, прогнозируемое изменение напряжения в послеаварийном режиме должно обеспечить самозапуск электродвигателей.

Также для успешности работы БАВР необходимо обеспечение определенного уровня напряжения для асинхронных двигателей и определенного уровня частоты для синхронных двигателей. Сравнение уровней напряжений основной и резервной секций шин осуществляется в органе разности напряжений 8, при обеспечении заданного уровня этой разности на выходе блока формируется сигнал V8. А сравнение уровней частот основной и резервной секций шин осуществляется в органе разности частот 11, при обеспечении заданного уровня их разности на выходе блока формируется сигнал V9. Срабатывание БАВР допустимо при обеспечении обоих этих уровней, поэтому сигналы V8 и V9 поступают на входы второй схемы И 10, на выходе которой формируется сигнал V10 при наличии на входах обоих сигналов.

Сигнал на срабатывание БАВР формируется на выходе первой схемы И 9 в аварийном режиме при условии снижения частоты или (и) напряжения ниже заданного значения, а также расположения точки короткого замыкания за пределами секции шин, обеспечении условий самозапуска электродвигателей, обеспечении требуемого уровня напряжения и частоты на резервной секции шин. В этом случае на входе первой схемы И 9 будут иметь место сигналы V6, V7 и V10, а на выходе сформируется сигнал V11. Чтобы отстроить срабатывание БАВР от кратковременных изменений режима данный сигнал подается на вход органа выдержки времени 12, на выходе которого через заданный промежуток времени появится сигнал V12, поступающий на силовую часть БАВР.

Вторая секция шин имеет аналогичный комплект блоков, за исключением блоков 8, 10 и 11, которые предусмотрены в одном комплекте на две секции шин. Реализация управлением силовой частью БАВР аналогично описанной в [2] и [3].

Разработанная схема управления вакуумными выключателями с улучшенными информационными характеристиками позволяет использовать ее в схемах электропитания с высоковольтной синхронно-асинхронной нагрузкой при использовании алгоритма срабатывания по нескольким информационным критериям, что повышает надежность работы БАВР.

Литература

1. Попов Н.А. Вакуумные выключатели. – М. : Энергия, 1965. – 112 с.
2. А.С. 1688349 СССР Н 02 J 9/06. Устройство для автоматического включения резервного питания потребителей / Б.А. Коробейников [и др.]. – № 4651180/07. – Заявл. 06.01.89. – Оpubл. 30.10.91. – Бюл. № 40.
3. А.С. 1709462 СССР Н 02 J 9/06. Коробейников Б.А., Ищенко А.И., Беседин Е.А. Устройство быстродействующего автоматического включения резерва. – № 4727170/07. – Заявл. 07.08.89. – Оpubл. 30.01.92. – Бюл. № 4.

References

1. Popov N.A. Vacuum circuit breakers. – M.: Energiya, 1965. – 112 p.
2. A.S. 1688349 USSR H 02 J 9/06. Device for automatic switching on of consumer backup power / B.A. Korobeinikov [et al.]. – № 4651180/07. – Appl. 01/06/89. – Published. 10/30/91. – Bull. № 40.
3. A.S. 1709462 USSR H 02 J 9/06. Korobeinikov B.A., Ishchenko A.I., Besedin E.A. High-speed automatic transfer device. – № 4727170/07. – Appl. 08/07/89. – Published. 01/30/92. – Bull. № 4.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ КУПОЛОВ

◆◆◆◆

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONSTRUCTIVE DOME SCHEMES

Дворная Зинаида Львовна

магистрант,
Кубанский государственный технологический университет
orchid170919@yandex.ru

Леонова Анна Николаевна

доцент, кандидат технических наук,
Кубанский государственный технологический университет
lan.75@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена сравнительному анализу конструктивных схем куполов. Рассматривается назначение купольных конструкций, представлена их классификация. Приводятся основные положительные характеристики куполов и детальное описание конструктивных элементов и принципов работы.

Ключевые слова: купольная конструкция, конструктивная схема, ребристые купола, ребристо-кольцевые, сетчатые купола.

Dvornaya Zinaida Lvovna

Undergraduate,
Kuban State Technological University
orchid170919@yandex.ru

Leonova Anna Nikolaevna

Docent, Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the comparative analysis of structural schemes of domes. The purpose of dome structures is considered, their classification is presented. The main positive characteristics of the domes and a detailed description of the structural elements and principles of operation are given.

Keywords: dome structure, structural scheme, ribbed domes, ribbed-ring, mesh do.

История использования куполов в строительстве насчитывает не одну тысячу лет. Следует обратить внимание на специфические особенности купольных конструкций: их отличает архитектурная выразительность и возможность перекрывать большие площади зданий.

Первоначально купола зданий и сооружений были массивными и не имели световых проемов. С развитием механики и технологий конструкции куполов модернизировались, а именно: уменьшалась толщина оболочки, увеличивался перекрываемый пролет, появлялись новые конструктивные схемы.

Как известно, конструкция купола – это распорная система с криволинейным или многоугольным планом, имеющая криволинейное очертание в вертикальной плоскости. По сравнению с пространственными покрытиями иной геометрической формы купола характеризуются большей пространственной жесткостью. Этому способствует, главным образом, положительная Гауссова кривизна.

Благодаря повышенной пространственной жесткости, связанной с замкнутым опорным контуром круглой формы в плане и большой высотой в сравнении с пролетом, купола занимают лидирующее положение среди других выпуклых покрытий двоякой кривизны.

По своим очертаниям купола могут быть: а) сферическими, б) параболическими и в) эллипсоидными. Все они относятся к оболочкам вращения. Ось вращения вертикальна и проходит через вершину такого купола. Следует подчеркнуть, что популярность их применения обусловлена такими факторами, как экономичность материала (толщина оболочки в 1/600 – 1/800 диаметра) и возможность перекрытия больших пролетов (до 150 метров).

Необходимо отметить, что конструкционные схемы куполов могут быть разнообразными. При этом, основная классификация купольных конструкций с точки зрения геометрической формы следующая:

- 1) купола-оболочки;
- 2) ребристые купола;
- 3) ребристо-кольцевые купола;
- 4) ребристо-кольцевые купола с решетчатыми связями;
- 5) сетчатые купола.

Рассмотрим подробнее перечисленные геометрические схемы купольных покрытий.

Так, ребристые купола состоят из отдельных меридиональных ребер, расположенных в радиальных направлениях (опирающихся на нижнее или иначе называемое опорное кольцо), соединенных в вершине верхним кольцом. Геометрическая схема ребристо-кольцевых куполов аналогична схеме ребристых.

Между тем, меридиональные ребра (за исключением нижнего и верхнего колец), опоясываются еще несколькими промежуточными кольцами. Это обеспечивает лучшую пространственную работу [1]. Помимо этого, с увеличением пролета ребристо-кольцевые купола становятся экономичнее ребристых. В ребристо-кольцевых куполах кольцевые прогоны соединяются между собой, образуя замкнутые кольца. В таком случае кольцевые прогоны не только работают на изгиб, но и воспринимают растягивающие или сжимающие усилия. Они работают в ребристо-кольцевом куполе таким же образом, как и опорное кольцо в ребристом куполе, и могут быть заменены при расчете ребра условными затяжками.

Если нагрузка симметричная, то расчет купола можно вести, разделяя его на плоские арки с затяжками на уровне кольцевых прогонов. В свою очередь, крепление прогонов должно быть шарнирное или жесткое по типу узлов балочных клеток, но рассчитанное на восприятие кольцевых усилий [2].

Конструкция сетчатого купола состоит из радиальных ребер, кольцевых прогонов и диагональных связей, которые ставятся в каждом четырехугольнике, ограниченном двумя ребрами и двумя прогонами. Таким образом, образуется многогранник, сформированный из ребер и кольцевых прогонов.

Сетчатые купола – это многогранники, вписанные, главным образом, в сферическую поверхность вращения. Многогранные сетчатые купола довольно разнообразны. Это, например, звездчатые купола, состоящие из треугольных граней, или геодезические системы куполов, несущие элементы которых являются ребрами многоугольника, вписанного в сферу.

Следует заметить, что в геодезических куполах достигается наибольшая однотипность стержней и узлов, а это признается специалистами в качестве производственного преимущества. Стержни сетчатых куполов изготавливают преимущественно из труб. В несущую систему куполов иногда включается ограждающая конструкция из штампованных алюминиевых или стальных листов.

Пространственная жесткость каркаса в ребристо-кольцевых и ребристых куполах обеспечивается следующим образом: между меридиональными ребрами в четырех равноудаленных друг от друга секторах в плоскостях четырехугольных ячеек, ограниченных, соответственно, промежуточными кольцами или прогонами, устанавливаются связи крестового вида.

В сетчатых куполах пространственная жесткость достигается расположением между ребрами и кольцами раскосов, благодаря которым усилия распределяются по поверхности купола. Стержни, соответственно, работают только на осевые силы, что уменьшает вес ребер и колец [3]. Именно поэтому сетчатые купола рассчитывают по безмоментной теории, иными словами, как сплошную осесимметричную оболочку.

Сравнительный анализ конструктивных схем купольных конструкций с точки зрения их прочности показывает, что в ребристо-кольцевых куполах за счет кольцевых прогонов увеличивается сопротивление изгибу и растягивающим или сжимающим усилиям.

В заключение следует обратить внимание на следующие факторы:

- 1) преимущество в экономии материалов имеют сетчатые купола, так как между ребрами и кольцами располагаются раскосы;
- 2) растягивающие и сжимающие усилия при этом распределяются по поверхности купола, стержни работают только на осевые силы, что уменьшает вес ребер и колец;
- 3) выбор конструктивной схемы купола зависит от проектных данных сооружения, а именно, от пролета и типа сечения стержней, составляющих пространственную систему купола.

Литература

1. Себелева А.А., Каранова В.В. Усиление конструкций после последствий пожара // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 110–113.
2. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.
3. Чагина А.С. Усиление железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 118–121.

References

1. Sebeleva A.A., Karanova V.V. Strengthening structures after the consequences of a fire // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 2. – P. 110–113.
2. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of strengthening reinforced concrete columns // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
3. Chagina A.S. Strengthening reinforced concrete columns // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 2. – P. 118–121.

УДК 664

**МОДИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МЯСНОГО СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ
ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВ**



**MODIFICATION OF THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES
OF MEAT RAW MATERIALS AND COOKED PRODUCTS
USING MILK PROTEINS**

Джангирян Нарек Артурович

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
vshipulin@ncfu.ru

Шипулин Валентин Иванович

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
vshipulin@ncfu.ru

Dzhangiryan Narek Arturovich

Federal State Autonomous Educational
Institution for Higher Education
«North-Caucasus Federal University»
vshipulin@ncfu.ru

Shipulin Valentin Ivanovich

Federal State Autonomous Educational
Institution for Higher Education
«North-Caucasus Federal University»
vshipulin@ncfu.ru

Аннотация. В условиях роста населения как в РФ, так и за рубежом, возрастает потребность в производстве продуктов питания, в том числе, содержащих белки животного происхождения. В этой связи актуальным является производство высококачественных продуктов питания, получаемых из различных источников пищевого животного белка, содержащего все незаменимые аминокислоты. Разработка рецептур и технологий мясопродуктов, основанных на принципах комбинаторики с молочным сырьем и продуктами его переработки, представляют практический интерес для пищевых предприятий аграрного сектора экономики. В производстве колбасных изделий в качестве компонентов рецептур, заметно не меняющих вкус продукта, но значительно улучшающих его качество, используются различные концентраты молочных белков, копреципитаты, сухое цельное молоко, казеинат натрия, кислотный казеин, сычужный казеин и др. В данном обзоре рассмотрены результаты исследований по использованию продуктов переработки молока белковой природы в производстве мясных изделий и проанализированы перспективы дальнейшего развития этого направления.

Ключевые слова: молочные белки, казеин, микропартикуляты, фаршевые системы, колбасное производство, функционально-технологические свойства.

Annotation. In the conditions of population growth both in the Russian Federation and abroad, the need to produce food products, including those containing animal proteins, is increasing. In this regard, the production of high-quality food products obtained from various sources of food animal protein containing all the essential amino acids is relevant. The development of recipes and technologies for meat products based on the principles of combinatorics with dairy raw materials and products of its processing are of practical interest for food enterprises in the agricultural sector of the economy. In the production of sausages, various milk protein concentrates, coprecipitates, whole milk powder, sodium caseinate, acid casein, rennet casein, etc. are used as components of recipes that do not noticeably change the taste of the product, but significantly improve its quality. This review discusses the results of research on the use of milk processing products of protein nature in the production of meat products and analyzed the prospects for further development of this direction.

Keywords: milk proteins, casein, micro-particulates, minced meat systems, sausage production, functional and technological properties.

Введение

Согласно статистике [32] в России, как и в мире, наблюдается тенденция к росту потребления мяса и мясной продукции. Так в период с 2000 г. по 2021 г. данный показатель на душу населения вырос более чем в 1,5 раза. При этом возникает необходимость увеличения общего количества производимого товара данной категории, внедрения более эффективных подходов их производства, а также улучшения их качественных показателей. Для этих целей среди прочего применяют метод функционализации пищевых продуктов путем включения в рецептуры различных добавок. Такая модификация позволяет улучшить органолептические, физико-химические и потребительские свойства продуктов, а также решить проблемы обогащения их различными нутриентами.

Одним из способов модификации является использование молочных белков в виде порошков (11–15 % белка), концентратов (35–80 %) и изолятов (> 90 %) [17]. Физико-химическим свойствам молочных белков и их строению посвящен ряд статей, обзоров и других научных трудов [3, 10, 16, 22, 23, 27, 28]. Чаще всего применяются сухое молоко, различные казеинаты (натрия, калия, аммония и кальция), кислотный и сычужный казеины, сывороточный белок, а также копреципитаты. Все вышеперечисленные протеины не только являются важными источниками аминокислот, в том числе и незаменимых, но и способны влиять на такие свойства продуктов как вязкость, влагоудерживающая способность, эмульгирующая и гелеобразующая способности, пенообразование, а также термоустойчивость. Так в работе [27] представлены свойства некоторых молочных белковых препаратов (табл. 1).

Таблица 1 – Способность белков: * – плохая; ** – хорошая; *** – очень хорошая

	Казеинаты		Сывороточные белки		Концентраты молочного белка
	Na	Ca	WPC	WPI	
Растворимость	***	*	***	***	**
Эмульгирующая способность	***	*	**	**	*
Способность к пенообразованию	***	*	**	**	*
Влагоудерживающая способность	***	*	*	*	*
Вязкость	***	*	*	*	*
Гелеобразующая способность			***	*	
Термоустойчивость	***	*	*	*	*
Устойчивость к действию кислот	*	*	***	***	*
Устойчивость к замораживанию-размораживанию	***	*	*	*	*

Использовать белки для применения в мясной промышленности в качестве влагоудерживающих, эмульгирующих и гелеобразующих агентов одним из первых в 1979 году предложил Морр [24].

В рамках настоящего обзора рассмотрены возможности модификации функционально-технологических свойств (ФТС) мясных фаршевых систем и качественных показателей готового продукта на основе применения молочных белков. Проведен анализ влияния упомянутых протеинов на физико-химические и органолептические показатели при изготовлении продуктов из мяса.

Эмульгирующая способность

Молочные белки часто используются в качестве эмульгаторов для создания и стабилизации эмульсий. Молочные белки выступают в качестве ПАВ, адсорбируясь на поверхности жира гидрофобными фрагментами, и ориентируясь гидрофильными группами к молекулам воды. Для оценки эмульгирующей способности молочных протеинов выделяют две группы методов. К первой группе относятся эмульгирующая емкость (ЭЕ) и индекс эмульгирующей активности (ИЭА). ЭЕ определяется максимальным количеством жировой фракции, эмульгированной единицей массы белка. Вторая группа включает оценку влияния белков на стабильность эмульсий (СЭ). СЭ определяется временем, в течение которого образовавшаяся эмульсия сохраняет устойчивость (неизменность состава) при стандартных условиях. При этом эмульгирующие свойства сильно зависят от pH, температуры и ионной силы раствора.

Важно учитывать тип мяса, используемого в продукте. В работе турецких ученых [21] исследовали ЭЕ и ЭС образующихся эмульсий из мяса говядины, курицы и индейки при добавлении сухого сывороточного белка (СБ) и обезжиренного сухого мо-

лока (ОСМ). Данные добавки были выбраны из-за различий в их белковом (аминокислотном) составе. Основными различиями между казеинами (они составляют порядка 80 % от общей массы белков ОСМ) и сывороточными белками является содержание в их полипептидных цепях пролина и дисульфидных связей [18]. Казеин богат пролином, при этом дисульфидных связей в нем мало, для сывороточного белка наблюдается обратная картина. Казеин способен сохранять стабильность при нагревании вплоть до температуры порядка 120 °С и в то же время обладает высоким электрическим потенциалом. Это способствует увеличению устойчивости эмульсий. Сывороточные белки легко денатурируют при температуре выше

70 °С (соответствует температуре «готовности» колбасных изделий), что негативно сказывается на их ЭС и ЭЕ, однако положительно влияет на гелеобразующую способность данных белков, которая будет рассматриваться в следующем разделе. Сама по себе способность к образованию эмульсий выше у куриного мяса, что вызвано вероятнее всего более высоким значением рН. ОСМ и СБ увеличивали способность к образованию эмульсий. При этом, в работе [21] отмечается, что максимальная концентрация СБ, способная улучшать ЭС в случае изделий из говядины и курицы, равнялась 0,25 %. Увеличение концентрации до 0,50 % приводило к снижению способности к образованию эмульсий. ОСМ, напротив, значительно улучшало показатели в случае говядины и мяса индейки при увеличении концентрации с 0,25 % до 0,50 %. Однако в случае куриного мяса способность к образованию эмульсий при добавлении белка уменьшалась. В случае СБ СЭ также достигала максимальных значений при концентрации 0,25 %, а использование ОСМ приводило к увеличению устойчивости при повышении концентрации.

Интересно, что увеличения влагосвязывающей способности мясных эмульсий можно добиться не только внесением молочных белков разного типа, но и варьированием формы и дисперсности одного и того же протеина. Например, в работе [5] описываются функционально-технологические свойства концентрата сывороточных белков (КСБ) и микропартикулированного сывороточного белка (МСБ). В частности, ЭС МСБ оказывается значительно выше, чем у КСБ, хотя отличие заключается лишь в способе получения данных продуктов переработки молока.

Сравнение 3 % казеината натрия, 3 % сухого молока, 3 % порошка сывороточного белка и их смеси на стабильность эмульсий изделий из индейки [26] также показало увеличение СЭ при добавлении молочных белков по сравнению с контрольным образцом. Лучшие результаты при этом показали казеинат натрия и сухое молоко.

Полезно будет посмотреть на сравнение свойств молочных и растительных белков, которые также нашли широкое применение в производстве мясных продуктов, однако уступают по аминокислотному составу белкам животного происхождения. В исследовании [14] сравнивали системы с одинаковой концентрацией КСБ и изолята соевого белка. Оказалось, что СБ позволял получать более стабильные эмульсии. Однако, в этом случае, повышение концентрации СБ не приводило к значительным изменениям. Лучший результат показало ОСМ с пониженным содержанием кальция. К сожалению, выбранная для него концентрация не позволяет провести сравнение с соевым белком.

Во многих статьях обсуждают влияние молочных белков на стабильность эмульсий при приготовлении продуктов с низким содержанием жира. В работе [25] изучали устойчивость эмульсий при использовании микрочастиц сывороточного белка. Для этого рассматривали такие показатели как общая потеря жидкости, потери жира и влаги. По мнению авторов данные показатели косвенно свидетельствуют об устойчивости эмульсии: чем устойчивее эмульсия – тем меньше потери ее компонентов. Добавление сывороточного белка способствовало стабилизации эмульсии. К такому же результату приводит использование копреципитата [15].

Гелеобразование

Широко известна способность белков (в том числе молочных) образовывать гели. Образование геля и его свойства зависят от структуры белка, количества взаимодействий между фрагментами молекул протеинов, концентрации, температуры, рН, ионной силы и присутствия других веществ, например лактозы [17, 27].

Чаще всего используют в качестве гелеобразователей СБ, а казеин и казеинаты редко добавляют для этих целей. КСБ и ИСБ способны образовывать гели в разных условиях. Образование геля наблюдается при нагревании выше температуры денатурации белка, для СБ – 70 °С [18]. В данном случае гелеобразование под воздействием тепла протекает в несколько стадий, которые могут быть обобщены в два основных этапа: раскрытие молекулы белка и агрегация в водном растворе [27]. Таким образом образование гелей благоприятно для мясных фаршевых систем, а применение в качестве гелеобразователя СБ уместно ввиду соответствия температуры денатурации СБ температуре готовности мясных изделий.

В работе [31] изучали влияние различных концентраций ИСБ на стабильность фаршей. Исследователи обнаружили предельную концентрацию белков, при которой продукты остаются стабильными. Отмечается, что превышение предельно допустимой концентрации белков приводит к увеличению толщины и жесткости межфазной белковой пленки вокруг жировых глобул по мере роста количества растворимых белков. В результате образованная пленка не позволяет жиру расширяться во время нагревания, это приводит к частичному разрушению трехмерного каркаса и потерям при обработке.

Величина рН

Как уже говорилось ранее, водородный показатель – важный параметр, который во многом определяет устойчивость эмульсии. В целом можно сказать, что молочные белки сами по себе обладают довольно высокими значениями рН, тем самым увеличивая рН продукта при добавлении [21].

Так исследование [20] показало, что внесение сухого молока в рецептуру увеличивает показатель рН не только эмульсии, но и готового продукта. Однако эти изменения незначительны, особенно при низких концентрациях белка. Для куриного мяса эти изменения еще меньше, что может быть обусловлено более высоким значением водородного показателя для мяса птицы ~ 6,1 ед., против ~ 5,5 ед. для говядины.

В работе [8] при изготовлении изделий из мяса курицы с низким содержанием жира использовался КСБ. Это положительно повлияло на величину рН готового продукта и динамику его изменения в процессе хранения. В другой работе [7] было показано, что добавление КСБ незначительно изменяет рН продукта из мяса буйвола, но при этом изменение показателей продукта при хранении имеет более благоприятную картину.

Водосвязывающая способность

В мясных изделиях влага удерживается за счет образования водородных связей между молекулами воды и полярными группами протеиновых полипептидных цепей. В некоторых случаях неполярные группы могут оказаться в полярной водной среде вследствие структурных особенностей белков. Кроме того, вода может удерживаться не только за счет образования химических связей, но и под действием физических сил, например, поверхностного натяжения в капиллярах или за счет особенностей третичной структуры протеинов, когда молекулы воды оказываются в «клетке» [27]. Более растворимые в воде белки проявляют влагоудерживающую способность в меньшей степени. Скорость и степень набухания – важные характеристики гидратации белка, они зависят от рН, ионной силы раствора и температуры. В изоэлектрической точке гидратация минимальна, так как в ней происходят взаимодействия белков друг с другом, а не с водой. Изоляты и концентраты сывороточного белка обычно хорошо растворимы и поэтому не связывают большие количества воды при стандартных условиях. При нагревании сывороточные белки денатурируют, глобула раскрывается и тем самым увеличивается влагосвязывающая способность, повышается и выход продукта [27, 30]. Таким образом СБ можно использовать в производстве продуктов, подвергающихся термической обработке. Мицеллы казеина связывают большие количества воды за счет захвата воды матрицей, состоящей из мицеллярного фосфата кальция и мицеллярного казеина, а также взаимодействия с гидрофильной поверхностью мицелл. Получение из казеина казеината натрия приводит к уменьшению влагосвязывающей способности [27].

Влагоудерживающая способность рассматривается также в работе [7], введение КСБ приводит к ее увеличению при повышении концентрации протеина. При хранении способность удерживать влагу постепенно уменьшается для всех образцов, оставаясь более высокой для изделий содержащих КСБ.

Органолептические показатели

Согласно ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» среди органолептических показателей выделяют внешний вид, вкус, запах (особенное внимание уделяют наличию пороков вкуса и запаха), консистенцию.

В работе [13] изучали влияние различных концентраций молочных белков (ОСМ, казеинат натрия, СБ и их смеси) на консистенцию и органолептические показатели колбас. Образцы, содержащие 1,5 % молочных белков, были наиболее близки по свойствам к образцам сравнения, а 5 % отличались сильнее всего. Образец сравнения и продукты с низким содержанием молочных белков обладали большей упругостью, выраженным запахом мяса. При этом изделия не были слишком липкими и жирными, не отмечались пороки и дефекты, такие как посторонние запах и вкус. Колбасы с 3 % и 5 % содержанием молочных белков, напротив, были более липкими, характеризовались посторонним привкусом, для них в меньшей степени чувствовался аромат мяса, отмечалась меньшая упругость консистенции. Другой важной характеристикой является сочность. Смеси казеината натрия с ОСМ, СБ с ОСМ и казеината натрия с СБ и ОСМ, содержащие 3 % молочных белков, оказались наиболее сочными, в особенности те колбасы, в которых содержание сухого обезжиренного молока в смесях достигало 33–50 %. Однако, как и говорилось ранее, образцы, содержащие 3 % белков, были более липкими, жирными и обладали менее выраженным ароматом мяса. Как можно заметить, во всех смесях содержалось обезжиренное молоко, очевидно, оно благоприятно влияет на органолептические свойства продукта, а ввиду того, что основным белком ОСМ является казеин, можно ожидать положительный эффект от внесения мицеллярного казеина в состав фарша.

При использовании больших количеств молочных белков органолептические показатели сильно меняются. Так, в исследовании [29] изучались свойства продуктов, полученных при замене 20, 40 и 60 % мясного белка при приготовлении колбас на копреципитаты, сою и казеинат натрия. Изделия, рецептура которых содержала 20 % молочного белка взамен мясного, по органолептическим свойствам были сопоставимы с образцом сравнения, но все же уже немного уступали по всем показателям. При замене 40 % и 60 % белков мяса в рецептуре изменения в органолептических показателях были значительны.

Работа [25] предполагала использование микропартикулята сывороточного белка в качестве замены жира. Это возможно благодаря особой технологии получения МСБ, которая позволяет формировать сферическую форму частиц, имитирующих капли жира, ведь они имеют соответствующий размер [5]. Цвет, жесткость, сочность, вкус и общая приемлемость изделий отличались незначительно и находились в пределах нормы. Также не наблюдалось никаких пороков вкуса. Образец с пониженным содержанием жира оказался наиболее жестким и наименее сочным. Добавление 10 % МСБ уменьшило жесткость и увеличило сочность за счет ослабления белковой матрицы. Данный факт может позволить использовать микрочастицы сывороточного белка для получения более мягкой текстуры и более сочных продуктов.

Более нежная текстура при добавлении молочных белков наблюдалась также в продуктах, полученных авторами работы [30].

Исследование [15] было направлено на получение продуктов с низким содержанием жира. Использование копреципитата ухудшало цвет изделий, однако при низких концентрациях данные изменения были незначительными.

Цветовые характеристики

В мировой практике одним из способов оценки восприятия цвета человеком является система (CIE 1976 L*a*b). Цвет выражают с помощью показателей L* (светло-

та), a^* (краснота, положение цвета в диапазоне от зеленого до красного), and b^* (желтизна – от синего до желтого). Именно эту методику чаще всего используют для оценки цветовых характеристик мясных продуктов.

Молочные белки приводят к увеличению показателя L^* , однако в большинстве случаев данное изменение практически незаметно для потребителя. Так, в работе [25] отмечается практически полное отсутствие различий L^* для всех образцов, показатели a^* и b^* уменьшались в ряду контрольный образец с нормальным содержанием жира, образцы с добавлением 5 % и 10 % СБ и образец сравнения с низким содержанием жира.

В исследовании [20] также описывают увеличение показателей L^* , a^* и b^* при использовании сухого молока. При этом показатель a^* для неприготовленных образцов изменялся нелинейно. Образец с добавлением 5 % сухого молока имел меньшее значение, чем образец сравнения, однако лучший результат показал продукт с добавлением 15 % белка. При нагревании значение a^* для контрольного образца становится наименьшим. В данном случае это объясняется реакцией Майяра, происходящей между молекулами сахаров (лактозы) и аминокислотами белков (казеина) при приготовлении пищи. То же самое касается значений b^* . До термической обработки разница в значениях для образца сравнения и продуктов, содержащих молочные протеины, была незначительной. В готовых продуктах параметр b^* в образцах с 10 и 15 % сухого молока был значительно выше.

Значение L^* увеличивалось и в другом исследовании [9]. Авторы объясняют это явлением тем, что внесение молочных белков приводит к уменьшению массовой доли миоглобина, комплекс с нитрозогруппой которого формирует цвет готового продукта, вследствие чего изделие приобретает более светлый оттенок, а значение параметра a^* – краснота – уменьшается. Похожие результаты были получены и в другой работе [30].

Выход готового продукта

С экономической точки зрения для любого производства очень важно минимизировать потери, мясная индустрия не является исключением. Для увеличения выхода продукта среди прочих подходов применяется методика частичной замены мясного сырья иными белками животного происхождения, например, молочными протеинами. Гелеобразующие, эмульгирующие и влагоудерживающие агенты, к которым как было показано выше относятся белковые продукты переработки молока, снижают для мясных изделий потери, имеющие место на стадии термической обработки продукции. Обычно выход готового изделия (что в свою очередь характеризует потери при производстве) рассчитывают по массе продукта до и после термической обработки:

$$\text{Выход продукта} = \frac{(m_{\text{до t обработки}} - m_{\text{после t обработки}})}{m_{\text{до t обработки}}} \times 100 \%$$

В работе [13] при приготовлении колбас использовали ОСМ, казеинат натрия, сывороточный белок и их смеси. Для образцов, содержащих только один молочный белок, лучший показатель был у казеината натрия. Однако, в случае использования смесей выход продукта увеличивался по сравнению с использованием в рецептурах отдельного белка. Возможно, механизм действия казеиновых и сывороточных протеинов отличен, а при их комбинации в составе фаршевой системы эффект суммируется.

Ряд исследований [1, 2, 4, 6] посвящен изучению влияния на свойства колбасных изделий молочной сыворотки, в том числе деминерализованной. Результаты однозначно свидетельствуют о повышении выхода продукта при использовании упомянутых препаратов.

Особенно важно следить за потерями при приготовлении в случае получения продуктов с низким содержанием жира. В исследовании [8] КСБ использовали как одну из добавок, которая отвечала не только за пищевую ценность, но и за устойчивость колбасных изделий за счет гелеобразования при нагревании. Как и ожидалось, потери при приготовлении снижались. Использование ИСБ также уменьшает потери при приготовлении [31].

Применение сухого молока [20] при изготовлении колбас из куриного мяса также повысило выход продукта с 85 % до 90 %. Увеличение концентрации молочных белков с 5 % до 15 % в значительной степени не влияет на выход. Влияние различных молоч-

ных белков на изделия из курицы также исследовали авторы работы [12]. Было обнаружено, что все молочные белки значительно снижали потери при производстве. Подобный результат был получен и в другой работе [11]. В случае изделий из свинины протеины молока также увеличивали выход продукта [19].

При сравнении молочных белков с соевым белком и пшеничной мукой при приготовлении сосисок [9] было установлено, что лучший результат показал казеинат натрия с выходом продукта 93 %. При этом все добавки уменьшали потери при приготовлении, что скорее всего связано с увеличением рН. Его рост приводит к повышению влагосвязывающей и гелеобразующей способностей при нагревании.

Выводы

Таким образом, можно отметить, что введение молочных белков в мясные фаршевые системы оказывает положительное влияние на ФТС сырья и улучшает качественные показатели мясной продукции. В большинстве исследований стабильность эмульсий и способность к их образованию увеличивалась при добавлении как сывороточных белков, так и казеина и казеинатов. На гелеобразующую способность в основном оказывают влияние сывороточные белки и их концентраты, что обусловлено способностью этих компонентов формировать стабильные гели в интервале температур, используемых в процессе термообработки мясных изделий.

Органолептические показатели в большинстве случаев не изменяются, что является важным преимуществом для производства комбинированных мясных продуктов. Формирование цвета продукта идет более интенсивно за счет эффективного использования нитрита натрия. Потребительские свойства продукта при этом остаются на высоком уровне.

Проведенные аналитические исследования показали, что применение белковых продуктов переработки молока в рецептурах колбасных изделий повышает выход готового продукта.

Следует отметить, что в большинстве публикаций посвященных применению молочных белков в мясной промышленности практически отсутствует информация об использовании казеина в нативном, мицеллярном состоянии. В этой связи можно полагать, что исследование данного вопроса имеет большое теоретическое и практическое значение.

Литература

1. Марченко В.В., Стаценко Е.Н., Судакова Н.В. Перспективы использования молочных белковых препаратов в технологии эмульгированных мясных продуктов // Мясные технологии. – 2014. – № 2 (134). – С. 17–19.
2. Неманова О.К., Бакаева А.Р. Влияние модифицированной молочной сыворотки на качество вареной колбасы. – 2017. – С. 66–72.
3. Рогов И.А., Антипова Л.В., Дунченко Н.И. Химия пищи. – 2007. – С. 852.
4. Аспекты совершенствования технологии вареных колбас с использованием молочной сыворотки / В.И. Шипулин [и др.] // Мясная индустрия. – 2014. – С. 39–41.
5. Шипулин В.И., Назарова О.Н. Теоретические и практические аспекты биотехнологии мясных продуктов с использованием микропартикулированного сывороточного белка // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – № 1. – С. 55–62.
6. Шипулин В.И., Стрельченко А.Д. Использование адаптированной изомеризованной, деминерализованной молочной сыворотки в технологии вареных колбасных изделий // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2012. – № 2 (2). – С. 215–222.
7. Abdolghafour B., Saghir A. Effect of whey protein concentrate on quality and shelf life of buffalo meat emulsion sausage // Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences. – 2014. – № 4 (1). – С. 201–210.
8. Storage stability of low-fat chicken sausages / S.C. Andrés [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2006. – № 4 (72). – P. 311–319.
9. Thermo-rheology, quality characteristics, and microstructure of frankfurters prepared with selected plant and milk additives / A.G. Atughonu [et al.] // Journal of Food Quality. – 1998. – № 3 (21). – P. 223–238.
10. Augustin M.A., Oliver C.M., Hemar Y. Casein, Caseinates, and Milk Protein Concentrates // Dairy Ingredients for Food Processing. – 2011. – P. 161–178.

11. Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk powders on the texture and microstructure of emulsified chicken meat batters // *LWT – Food Science and Technology*. – 2006. – № 6 (39). – P. 660–664.
12. Barbut S. Effects of milk powder and its components on texture, yield, and color of a lean poultry meat model system // *Poultry Science*. – 2010. – № 6 (89). – P. 1320–1324.
13. Ellekjær M.R., Næs T., Baardseth P. Milk Proteins Affect Yield and Sensory Quality of Cooked Sausages // *Journal of Food Science*. – 1996. – № 3 (61). – P. 660–666.
14. Comparative Evaluation of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate and Calcium-Reduced Nonfat Dry Milk as Binders in an Emulsion-Type Sausage / S.A. Ensor [et al.] // *Journal of Food Science*. – 1987. – № 5 (52). – P. 1155–1158.
15. Eswarapragada N.M., Reddy P.M., Prabhakar K. Quality of low-fat pork sausage containing milk-co-precipitate // *Journal of Food Science and Technology*. – 2010. – № 5 (47). – P. 571–573.
16. Milk Proteins / P.F. Fox [et al.] // *Dairy Chemistry and Biochemistry*. – 2015. – P. 145–239.
17. Whey protein / H. Gangurde [et al.] // *Scholars' Research Journal*. – 2011. – № 2 (1). – P. 69.
18. Hammam A., Martinez-Monteaquedo S., Metzger L. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. – 2021. – № 20.
19. Hsu S.Y., Sun L.Y. Comparisons on 10 non-meat protein fat substitutes for low-fat Kung-wans // *Journal of Food Engineering*. – 2006. – № 1 (74). – P. 47–53.
20. Kang K.M., Lee S.H., Kim H.Y. Quality properties of whole milk powder on chicken breast emulsion-type sausage // *Journal of Animal Science and Technology*. – 2021. – № 2 (63). – P. 405–416.
21. Kurt S., Zorba O. The effects of different levels of non-fat dry milk and whey powder on emulsion capacity and stability of beef, turkey and chicken meats // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2005. – № 5 (40). – P. 509–516.
22. Morr C.V. Chemistry of Milk Proteins in Food Processing // *Journal of Dairy Science*. – 1975. – № 7 (58). – P. 977–984.
23. Morr C.V. Conformation and Functionality of Milk Proteins // *Functionality and Protein Structure*. – 1979. – P. 65–79.
24. Morr C.V. Utilization of milk proteins as starting materials for other foodstuffs. – 1979.
25. Chemical, technological, instrumental, microstructural, oxidative and sensory properties of emulsified sausages formulated with microparticulated whey protein to substitute animal fat / B. Ozturk-Kerimoglu [et al.] // *Meat Science*. – 2022. – № 184.
26. Serdarolu M., Deniz E.E. Chemical Composition and Quality Characteristics of Emulsion Type Turkey Rolls Formulated with Dairy Ingredients // *Journal of Food Technology*. – 2004. – № 2 (2). – P. 109–113.
27. Singh H. Milk Protein Products: Functional Properties of Milk Proteins // *Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition*. – 2011. – P. 887–893.
28. Flavor and stability of milk proteins / T.J. Smith [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2016. – № 6 (99). – P. 4325–4346.
29. Evaluation of some non-meat proteins for use in sausage / M.A. Thomas [et al.] // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2007. – № 2 (8). – P. 175–184.
30. Youssef M.K., Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk proteins on emulsified beef meat batters prepared with different protein levels. – 2010.
31. Youssef M.K., Barbut S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels // *Meat Science*. – 2011. – № 1 (87). – P. 54–60.
32. Потребление основных продуктов питания по Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL : <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/3-23.xlsx>.

References

1. Marchenko V.V., Statsenko E.N., Sudakova N.V. Prospects for the use of dairy protein preparations in the technology of emulsified meat products//*Meat technologies*. – 2014. – № 2 (134). – P. 17–19.
2. Nemanova O.K., Bakaeva A.R. Effect of modified whey on the quality of cooked sausage. – 2017. – P. 66–72.
3. Rogov I.A., Antipova L.V., Dunchenko N.I. Food chemistry. – 2007. – P. 852.
4. Aspects of improving the technology of cooked sausages using whey / V.I. Shipulin [et al.] // *Meat industry*. – 2014. – P. 39–41.
5. Shipulin V.I., Nazarova O.N. Theoretical and practical aspects of biotechnology of meat products using microparticulated serum protein // *Science. Innovation. Technologies*. – 2013. – № 1. – P. 55–62.

6. Shipulin V.I., Strelchenko A.D. Use of adapted isomerized, demineralized whey in cooked sausage technology // International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbатов. – 2012. – № 2 (2). – P. 215–222.
7. Abdolghafour B., Saghir A. Effect of whey protein concentrate on quality and shelf life of buffalo meat emulsion sausage // Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences. – 2014. – № 4 (1). – P. 201–210.
8. Storage stability of low-fat chicken sausages / S.C. Andrés [et al.] // Journal of Food Engineering. – 2006. – № 4 (72). – P. 311–319.
9. Thermo-rheology, quality characteristics, and microstructure of frankfurters prepared with selected plant and milk additives / A.G. Atughonu [et al.] // Journal of Food Quality. – 1998. – № 3 (21). – P. 223–238.
10. Augustin M.A., Oliver C.M., Hemar Y. Casein, Caseinates, and Milk Protein Concentrates // Dairy Ingredients for Food Processing. – 2011. – P. 161–178.
11. Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk powders on the texture and microstructure of emulsified chicken meat batters // LWT – Food Science and Technology. – 2006. – № 6 (39). – P. 660–664.
12. Barbut S. Effects of milk powder and its components on texture, yield, and color of a lean poultry meat model system // Poultry Science. – 2010. – № 6 (89). – P. 1320–1324.
13. Ellekjær M.R., Næs T., Baardseth P. Milk Proteins Affect Yield and Sensory Quality of Cooked Sausages // Journal of Food Science. – 1996. – № 3 (61). – P. 660–666.
14. Comparative Evaluation of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate and Calcium-Reduced Nonfat Dry Milk as Binders in an Emulsion-Type Sausage / S.A. Ensor [et al.] // Journal of Food Science. – 1987. – № 5 (52). – P. 1155–1158.
15. Eswarapragada N.M., Reddy P.M., Prabhakar K. Quality of low-fat pork sausage containing milk-co-precipitate // Journal of Food Science and Technology. – 2010. – № 5 (47). – P. 571–573.
16. Milk Proteins / P.F. Fox [et al.] // Dairy Chemistry and Biochemistry. – 2015. – P. 145–239.
17. Whey protein / H. Gangurde [et al.] // Scholars' Research Journal. – 2011. – № 2 (1). – P. 69.
18. Hammam A., Martinez-Monteaagudo S., Metzger L. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2021. – № 20.
19. Hsu S.Y., Sun L.Y. Comparisons on 10 non-meat protein fat substitutes for low-fat Kung-wans // Journal of Food Engineering. – 2006. – № 1 (74). – P. 47–53.
20. Kang K.M., Lee S.H., Kim H.Y. Quality properties of whole milk powder on chicken breast emulsion-type sausage // Journal of Animal Science and Technology. – 2021. – № 2 (63). – P. 405–416.
21. Kurt S., Zorba O. The effects of different levels of non-fat dry milk and whey powder on emulsion capacity and stability of beef, turkey and chicken meats // International Journal of Food Science and Technology. – 2005. – № 5 (40). – P. 509–516.
22. Morr C.V. Chemistry of Milk Proteins in Food Processing // Journal of Dairy Science. – 1975. – № 7 (58). – P. 977–984.
23. Morr C.V. Conformation and Functionality of Milk Proteins // Functionality and Protein Structure. – 1979. – P. 65–79.
24. Morr C.V. Utilization of milk proteins as starting materials for other foodstuffs. – 1979.
25. Chemical, technological, instrumental, microstructural, oxidative and sensory properties of emulsified sausages formulated with microparticulated whey protein to substitute animal fat / B. Ozturk-Kerimoglu [et al.] // Meat Science. – 2022. – № 184.
26. Serdarolu M., Deniz E.E. Chemical Composition and Quality Characteristics of Emulsion Type Turkey Rolls Formulated with Dairy Ingredients // Journal of Food Technology. – 2004. – № 2 (2). – P. 109–113.
27. Singh H. Milk Protein Products: Functional Properties of Milk Proteins // Encyclopedia of Dairy Sciences: Second Edition. – 2011. – P. 887–893.
28. Flavor and stability of milk proteins / T.J. Smith [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2016. – № 6 (99). – P. 4325–4346.
29. Evaluation of some non-meat proteins for use in sausage / M.A. Thomas [et al.] // International Journal of Food Science & Technology. – 2007. – № 2 (8). – P. 175–184.
30. Youssef M.K., Barbut S. Effects of caseinate, whey and milk proteins on emulsified beef meat batters prepared with different protein levels. – 2010.
31. Youssef M.K., Barbut S. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels // Meat Science. – 2011. – № 1 (87). – P. 54–60.
32. Main food consumption in the Russian Federation [Electronic resource]. – URL : <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/3-23.xlsx>.

УДК 62

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ВТОРОГО ВИДА
НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**



**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS
OF THE POWER SUPPLY OF THE SECOND TYPE
ON THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE ELECTRIC DRIVE**

Добробаба Юрий Петрович

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

Мурлин Алексей Георгиевич

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

Шкерета Эдуард Денисович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Ефремов Елисей Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье рассматривается электропривод с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и источником питания второго вида (источник питания имеет индуктивность и фильтр, состоящий из ёмкости), представленный системой четвёртого порядка. Определены параметры данной системы, при которых обеспечивается предельное или близкое к предельному быстродействие переходных процессов без перерегулирования.

Ключевые слова: параметры источника питания, динамические характеристики, якорная цепь, импульсные преобразователи, фильтр.

Dobrobaba Yury Petrovich

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

Murlin Alexey Georgievich

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

Shkereda Eduard Denisovich

Student,
Kuban State Technological University

Efremov Elisey Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. This article discusses an electric drive with a DC motor of independent excitation and a power supply of the second type (the power supply has an inductance and a filter consisting of a capacitance), represented by a fourth-order system. The parameters of this system are determined, at which the limiting or close to the limiting speed of transient processes without overshoot is provided.

Keywords: power supply parameters, dynamic characteristics, anchor circuit, pulse converters, filter.

В работе [1] доказано, что система четвёртого порядка с четырьмя кратными корнями обеспечивает предельное быстродействие переходных процессов без перерегулирования. В работе [2] доказано, что система с тремя кратными корнями характеристического уравнения обеспечивает близкое к предельному быстродействие переходных процессов без перерегулирования. В работе [3] доказано, что система с двумя парами кратных корней характеристического уравнения обеспечивает близкое к предельному быстродействие переходных процессов без перерегулирования, но уступает системе, имеющей три кратных корня.

Целью работы является определение параметров системы, состоящей из электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и источника питания второго вида, при которых передаточная функция системы имеет следующий расклад корней характеристического уравнения: четыре кратных корня, три кратных корня, а также две пары кратных корней характеристического уравнения.

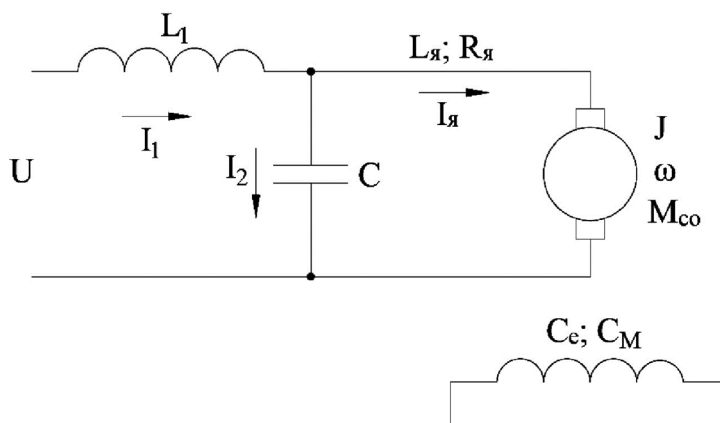


Рисунок 1 – Принципиальная схема электропривода с источником питания второго вида

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В; I_1 – ток, протекающий через индуктивность источника питания, А; I_2 – ток, протекающий через ёмкость фильтра источника питания, А; $I_я$ – ток якорной цепи электродвигателя, А; ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, (рад)/с; M_{co} – момент сопротивления электропривода, Н · м; L_1 – индуктивность источника питания, Гн; C – ёмкость фильтраисточника питания, Ф; $L_я$ – индуктивность якорной цепи электропривода, Гн; $R_я$ – сопротивление якорной цепи электропривода, Ом; J – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг · м²; C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электродвигателя и его ЭДС, $\frac{В \cdot с}{рад}$; C_M – коэффициент пропорциональности между током якорной цепи электродвигателя и его моментом, В · с.

Математическая модель системы:

$$\begin{cases} U = L_1 p I_1 + \frac{1}{C_p} \cdot I_2; \\ U = L_1 p I_1 + C_e \omega + L_я p I_я + R_я I_я; \\ I_1 = I_2 + I_я; \\ C_M I_я = M_{co} + J p \omega. \end{cases}$$

После преобразования система представима в виде:

$$\frac{U}{C_e} = \left[\frac{L_я L_1 C J}{C_e C_M} \cdot p^4 + \frac{R_я L_1 C J}{C_e C_M} \cdot p^3 + \frac{L_я J}{C_e C_M} \cdot p^2 + \frac{L_1 J}{C_e C_M} \cdot p^2 + L_1 C \cdot p^2 + \frac{R_я J}{C_e C_M} \cdot p + 1 \right] \cdot \omega + \frac{R_я}{C_e C_M} \cdot \left[\frac{L_я L_1 C}{R_я} \cdot p^3 + L_1 C \cdot p^2 + \frac{L_я}{R_я} \cdot p + \frac{L_1}{R_я} \cdot p + 1 \right] \cdot M_{co}.$$

Рассмотрим вариант первый. Система имеет четыре кратных корня характеристического уравнения

$$(Tp + 1)^4 = 0.$$

При этом справедлива система из четырёх уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L_я J}{C_e C_M} \cdot L_1 C = T^4; \\ \frac{R_я J}{C_e C_M} \cdot L_1 C = 4T^3; \\ \frac{L_я J}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + L_1 C = 6T^2; \\ \frac{R_я J}{C_e C_M} = 4T. \end{cases}$$

Из системы четырёх уравнений следует:

$$\frac{L_я}{R_я} = \frac{1}{4} T;$$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}J}{C_e C_M}; \\
 \frac{L_{я}}{R_{я}} &= \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}J}{C_e C_M}; \\
 \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot L_1 C &= \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^3 J^3}{C_e^3 C_M^3}; \\
 L_1 C &= \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2}; \\
 \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} &= \frac{3}{8} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2}; \\
 \frac{L_1 J}{C_e C_M} &= \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2}; \\
 L_1 &= \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}^2 J}{C_e C_M}; \\
 \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}^2 J}{C_e C_M} \cdot C &= \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2}; \\
 C &= \frac{1}{4} \cdot \frac{J}{C_e C_M}.
 \end{aligned}$$

В данной работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры: $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$; $R_{я} = 5 \text{ Ом}$; $J = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

При этом $L_{я} = 0,1 \text{ Гн}$; $L_1 = 0,4 \text{ Гн}$; $C = 0,016 \text{ Ф}$; $T = 0,08 \text{ с}$.

Рассмотрим вариант второй. Система имеет три кратных корня характеристического уравнения

$$(T_1 p + 1)^3 \cdot (T_2 p + 1) = 0.$$

При этом справедлива система из четырёх уравнений:

$$\begin{cases}
 \frac{L_{я}J}{C_e C_M} \cdot L_1 C = T_1^3 T_2; \\
 \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot L_1 C = T_1^3 + 3T_1^2 T_2; \\
 \frac{L_{я}J}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + L_1 C = 3T_1^2 + 3T_1 T_2; \\
 \frac{R_{я}J}{C_e C_M} = 3T_1 + T_2.
 \end{cases}$$

Из четвёртого уравнения системы определяется постоянная времени T_2 :

$$T_2 = \frac{R_{я}J}{C_e C_M} - 3T_1.$$

После подстановки постоянной времени T_2 в три первых уравнения системы:

$$\begin{cases}
 \frac{L_{я}J}{C_e C_M} \cdot L_1 C = \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot T_1^3 - 3T_1^4; \\
 \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot L_1 C = 3 \cdot \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot T_1^2 - 8T_1^3; \\
 \frac{L_{я}J}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + L_1 C = 3 \cdot \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot T_1 - 6T_1^2.
 \end{cases}$$

Из второго уравнения следует, что

$$L_1 C = 3T_1^2 - 8 \cdot \frac{C_e C_M}{R_{я}J} \cdot T_1^3.$$

После подстановки параметра $L_1 C$ в первое и третье уравнения системы:

$$\begin{cases}
 \frac{L_{я}J}{C_e C_M} \cdot \left(3 - 8 \cdot \frac{C_e C_M}{R_{я}J} \cdot T_1 \right) = \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot T_1 - 3T_1^2; \\
 \frac{L_{я}J}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} = 8 \cdot \frac{C_e C_M}{R_{я}J} \cdot T_1^3 - 9T_1^2 + 3 \cdot \frac{R_{я}J}{C_e C_M} \cdot T_1.
 \end{cases}$$

Из последнего уравнения определяется индуктивность L_1 источника питания, а затем определяется ёмкость фильтра источника питания:

$$L_1 = 8 \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{яJ^2}} \cdot T_1^3 - 9 \cdot \frac{C_e C_M}{J} \cdot T_1^2 + 3R_{я} T_1 - L_{я}.$$

$$C = \frac{3T_1^2 - 8 \cdot \frac{C_e C_M}{R_{яJ}} \cdot T_1^3}{8 \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{яJ^2}} \cdot T_1^3 - 9 \cdot \frac{C_e C_M}{J} \cdot T_1^2 + 3R_{я} T_1 - L_{я}}.$$

Таким образом, для постоянной времени T_1 справедливо уравнение

$$T_1^2 - \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + 8 \cdot \frac{L_{я}}{R_{я}} \right) \cdot T_1 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} = 0;$$

$$T_1 = \frac{1}{6} \cdot \left[\left(\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + 8 \cdot \frac{L_{я}}{R_{я}} \right) \pm \sqrt{\frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} - 20 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + 64 \cdot \frac{L_{я}^2}{R_{я}^2}} \right].$$

Для второго варианта характеристического уравнения выполнен численный эксперимент, результаты которого, при выполнении условия $T_1 \geq T_2$, приведены в таблице 1, а результаты при $T_1 \leq T_2$ приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты первой серии численного эксперимента при $T_1 \geq T_2$

$L_{я}, \text{Гн}$	$T_1, \text{с}$	$T_2, \text{с}$	$L_1, \text{Гн}$	$C, \text{Ф}$
0,1	0,08	0,08	0,4	0,016
0,095	0,089080332	0,052759004	0,401427501	0,01528028
0,09	0,092180704	0,043457888	0,403751132	0,014637011
0,085	0,094330302	0,037009094	0,40652341	0,014046807
0,08	0,096	0,032	0,4096	0,0135
0,075	0,097370341	0,027888977	0,412903782	0,012990399
0,07	0,098532998	0,024401006	0,416386298	0,012513488
0,065	0,099541877	0,021374369	0,420014278	0,012064723
0,06	0,100431743	0,018704771	0,423763523	0,011644225
0,055	0,101226495	0,016320515	0,427615705	0,01124657
0,05	0,10194335	0,01416995	0,431556517	0,010870694

Таблица 2 – Результаты первой серии численного эксперимента при $T_1 \leq T_2$

$L_{я}, \text{Гн}$	$T_1, \text{с}$	$T_2, \text{с}$	$L_1, \text{Гн}$	$C, \text{Ф}$
0,1	0,08	0,08	0,4	0,016
0,095	0,068253	0,115240999	0,397898425	0,015145948
0,09	0,062485962	0,132542115	0,393522942	0,014266214
0,085	0,057669697	0,146990908	0,387276591	0,013381763
0,08	0,053333333	0,16	0,379259259	0,0125
0,075	0,049296325	0,172111026	0,369503627	0,011624984
0,07	0,045467002	0,183598995	0,358013702	0,01075924
0,065	0,041791456	0,194625631	0,344778314	0,009904425
0,06	0,038234923	0,20529523	0,329777217	0,009061658
0,055	0,034773505	0,215679486	0,312984295	0,00823169
0,05	0,031389983	0,225830052	0,29436941	0,00741502

Рассмотрим вариант третий. Система имеет две пары кратных корней характеристического уравнения

$$(T_1 p + 1)^2 \cdot (T_2 p + 1)^2 = 0;$$

$$T_1^2 T_2^2 p^4 + 2T_1 T_2 \cdot (T_1 + T_2) \cdot p^3 + (T_1^2 + 4T_1 T_2 + T_2^2) \cdot p^2 + 2 \cdot (T_1 + T_2) \cdot p + 1 = 0.$$

При этом справедлива система из четырёх уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot L_1 C = T_1^2 T_2^2; \\ \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot L_1 C = 2T_1 T_2 \cdot (T_1 + T_2); \\ \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + L_1 C = T_1^2 + 4T_1 T_2 + T_2^2; \\ \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} = 2 \cdot (T_1 + T_2). \end{cases}$$

Из второго и четвёртого уравнения системы следует, что

$$\begin{aligned} \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot L_1 C &= \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 T_2; \\ L_1 C &= T_1 T_2. \end{aligned}$$

Подставляя параметр $L_1 C$ в первое уравнение системы, получим

$$\begin{aligned} \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 T_2 &= T_1^2 T_2^2; \\ \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} &= T_1 T_2. \end{aligned}$$

Подставляя параметры $L_1 C$ и $\frac{L_{яJ}}{C_e C_M}$ в третье уравнение системы, получим

$$\begin{aligned} T_1 T_2 + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + T_1 T_2 &= T_1^2 + 4T_1 T_2 + T_2^2; \\ \frac{L_1 J}{C_e C_M} &= (T_1 + T_2)^2. \end{aligned}$$

Из четвёртого уравнения системы следует, что

$$(T_1 + T_2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M}.$$

Из двух последних уравнений определяются индуктивность L_1 источника питания, а затем определяется ёмкость C фильтра источника питания:

$$\begin{aligned} \frac{L_1 J}{C_e C_M} &= \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2}; \\ L_1 &= \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}^2 J}{C_e C_M}; \\ L_1 C &= \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}; \\ \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}^2 J}{C_e C_M} \cdot C &= \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}; \\ C &= 4 \cdot \frac{L_{я}}{R_{я}^2}. \end{aligned}$$

Таким образом, для постоянной времени T_1 справедливо уравнение

$$T_1^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} = 0.$$

Если выполняется условие

$$L_{я} \leq \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J}{C_e C_M},$$

то постоянные времени T_1 и T_2 определяются по формулам:

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + \sqrt{\frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}}; \\ T_2 &= \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - \sqrt{\frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}}. \end{aligned}$$

$$\text{Если } L_{я} = \frac{1}{16} \cdot \frac{R_{я}^2 J}{C_e C_M}, \text{ то } T_1 = T_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я} J}{C_e C_M}; L_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{я}^2 J}{C_e C_M}; C = \frac{1}{4} \cdot \frac{J}{C_e C_M}.$$

Для третьего варианта характеристического уравнения выполнен численный эксперимент, результаты которого приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты третьей серии численного эксперимента

$L_{я}, \text{Гн}$	$T_1, \text{с}$	$T_2, \text{с}$	$L_1, \text{Гн}$	C, Φ
0,1	0,08	0,08	0,4	0,016
0,095	0,097888543	0,062111457		0,0152
0,09	0,105298221	0,054701779		0,0144
0,085	0,110983866	0,049016134		0,0136
0,08	0,115777087	0,044222913		0,0128
0,075	0,12	0,04		0,012
0,07	0,123817804	0,036182196		0,0112
0,065	0,127328638	0,032671362		0,0104
0,06	0,130596442	0,029403558		0,0096
0,055	0,133665631	0,026334369		0,0088
0,05	0,136568542	0,023431458		0,008

На рисунках 2–4 кривые, изображённые сплошной линией, построены на основе таблиц № 1 и № 2, а кривые, изображённые пунктиром, построены на основе таблицы № 3, что соответствует второму и третьему вариантам характеристического уравнения системы соответственно.

По результатам численного эксперимента на рисунке 2 представлены зависимости постоянных времени T_1 и T_2 от индуктивности якорной цепи электропривода $L_{я}$. Так как длительность цикла переходного процесса определяется значением большей постоянной времени, то из рисунка видно, что система, имеющая три кратных корня характеристического уравнения при $T_1 \geq T_2$, обладает лучшим быстродействием, по сравнению с системой, имеющей три кратных корня при $T_1 \leq T_2$, и системой, имеющей две пары кратных корней характеристического уравнения. То есть кривая $T_1 = f(L_{я})$ при втором варианте характеристического уравнения при $T_1 \geq T_2$, лежит ниже кривой $T_2 = f(L_{я})$, соответствующей второму варианту характеристического уравнения при $T_1 \leq T_2$. А также кривая $T_1 = f(L_{я})$ при втором варианте характеристического уравнения и при $T_1 \geq T_2$ лежит ниже кривой $T_1 = f(L_{я})$, соответствующей третьему варианту характеристического уравнения.

На рисунках 3 и 4 представлены зависимости индуктивности L_1 и ёмкости C фильтра источника питания от индуктивности якорной цепи электропривода $L_{я}$ для систем, имеющих три кратных корня и две пары кратных корней характеристического уравнения соответственно.

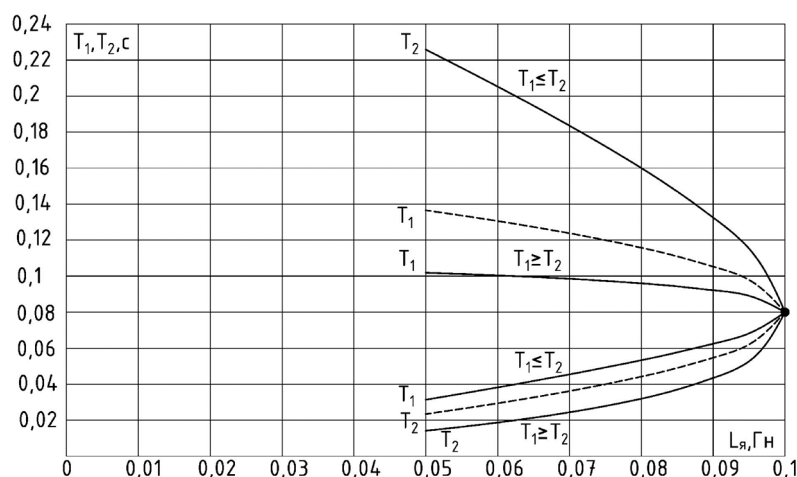


Рисунок 2 – Зависимость T_1, T_2 от $L_{я}$ при втором и третьем вариантах характеристического уравнения

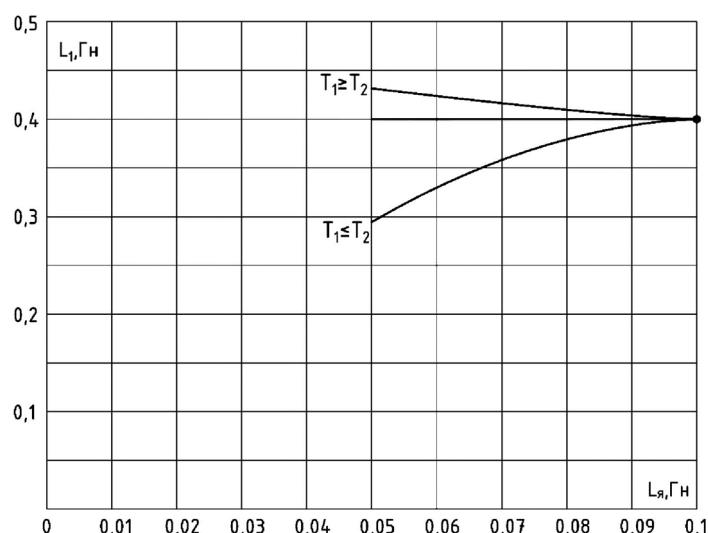


Рисунок 3 – Зависимость L_1 от $L_{\text{я}}$ при втором и третьем вариантах характеристического уравнения

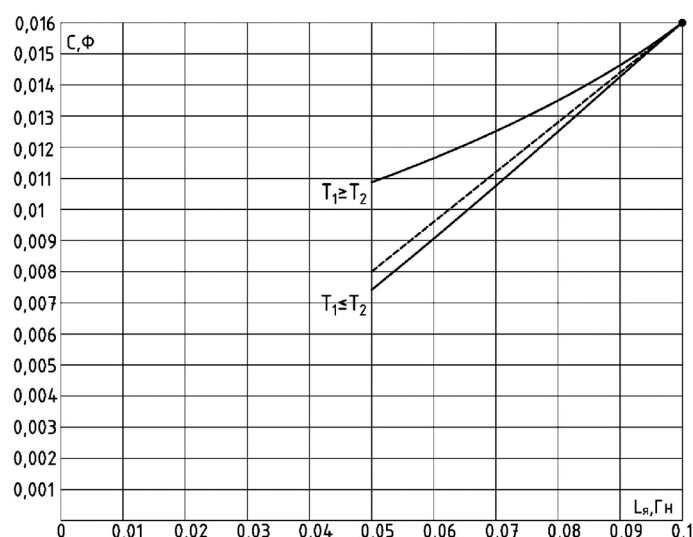


Рисунок 4 – Зависимость C от $L_{\text{я}}$ при втором и третьем вариантах характеристического уравнения

Выводы:

Разработан алгоритм определения параметров системы, состоящей из электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и источника питания второго вида, при которых системе соответствует передаточная функция с четырьмя или тремя кратными корнями характеристического уравнения, а также двумя парами кратных корней.

Литература

1. Дობробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д., Анализ переходных характеристик систем четвертого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 417–422.
2. Дობробаба Ю.П., Мурлина В.А., Щелканов Г.В. Анализ переходных характеристик систем четвертого порядка с тремя кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 421–430.
3. Дობробаба Ю.П., Мурлина В.А., Щелканов Г.В. Анализ переходных характеристик систем четвертого порядка с двумя парами кратных корней характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 414–420.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Serkin A.D. The analysis of transitional features of the system of the fourth order with multiple roots of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2019. – № 1. – P. 417–422.
2. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Shchelkanov G.V. Analysis of transient characteristics of fourth-order systems with three multiple roots of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2020. – № 1. – P. 421–430.
3. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Shchelkanov G.V. Analysis of transient characteristics of fourth-order systems with two pairs of multiple roots of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2020. – № 1. – P. 414–420.

УДК 62

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ АПЕРИОДИЧЕСКИХ
ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ
С ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ ВТОРОГО ВИДА**



**DETERMINATION OF THE AREAS OF EXISTENCE OF APERIODIC TRANSIENT
PROCESSES IN AN ELECTRIC DRIVE WITH A SECOND TYPE POWER SUPPLY**

Добробаба Юрий Петрович

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

Мурлин Алексей Георгиевич

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

Шкерета Эдуард Денисович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Ефремов Елисей Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Разработан алгоритм формирования аперидических переходных процессов в электроприводе с источниками питания второго вида (источник питания имеет индуктивность и фильтр, состоящий из ёмкости). Построены области существования параметров источника питания второго вида, при которых в системе формируются аперидические переходные процессы.

Ключевые слова: источник питания второго вида, аперидические переходные процессы, якорная цепь, импульсные преобразователи.

Dobrobaba Yury Petrovich

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

Murlin Alexey Georgievich

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

Shkereta Eduard Denisovich

Student,
Kuban State Technological University

Efremov Elisey Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. An algorithm for the formation of aperiodic transients in an electric drive with power supplies of the second type has been developed. The domains of existence of parameters of the power supply of the second type are constructed, at which aperiodic transient processes are formed in the system.

Keywords: power supply of the second type, aperiodic transients, armature circuit, pulse converters.

В работе [1] определены области существования аперидических переходных процессов в электроприводе с источниками питания первого вида.

Целью настоящей работы является устранить возможность появления колебательных переходных процессов в электроприводе с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и источником питания второго вида. Это достигается за счёт формирования аперидических переходных процессов в системе. При этом система должна иметь действительные отрицательные корни характеристического уравнения.

Математическая модель электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и источником питания второго вида описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} U = L_1 p I_1 + \frac{1}{C_p} \cdot I_2; \\ U = L_1 p I_1 + C_e \omega + L_{я} p I_{я} + R_{я} I_{я}; \\ I_1 = I_2 + I_{я}; \\ C_M I_{я} = M_{с0} + J p \omega. \end{cases}$$

где U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;
 I_1 – ток, протекающий через индуктивность источника питания, А;

I_2 – ток, протекающий через ёмкость фильтра источника питания, А;

$I_{я}$ – ток якорной цепи электродвигателя, А;

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

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

L_1 – индуктивность источника питания, Гн;

C – ёмкость фильтраисточника питания, Ф;

$L_{я}$ – индуктивность якорной цепи электропривода, Гн;

$R_{я}$ – сопротивление якорной цепи электропривода, Ом;

J – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг · м²;

C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электродвигателя и его ЭДС, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;

C_M – коэффициент пропорциональности между током якорной цепи электродвигателя и его моментом, В · с.

После преобразования система представима в виде:

$$\frac{U}{C_e} = \left[\frac{L_{я}L_1CJ}{C_eC_M} \cdot p^4 + \frac{R_{я}L_1CJ}{C_eC_M} \cdot p^3 + \frac{L_{я}J}{C_eC_M} \cdot p^2 + \frac{L_1J}{C_eC_M} \cdot p^2 + L_1C \cdot p^2 + \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot p + 1 \right] \cdot \omega + \frac{R_{я}}{C_eC_M} \cdot \left[\frac{L_{я}L_1C}{R_{я}} \cdot p^3 + L_1C \cdot p^2 + \frac{L_{я}}{R_{я}} \cdot p + \frac{L_1}{R_{я}} \cdot p + 1 \right] \cdot M_{со}.$$

Для определения областей существования апериодических переходных процессов в исследуемой системе четвёртого порядка рассмотрим характеристическое уравнение с одним корнем кратностью два и двумя корнями кратностью один.

$$(T_1p + 1)^2 \cdot (T_2p + 1) \cdot (T_3p + 1) = 0.$$

При этом справедлива система из четырёх уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L_{я}J}{C_eC_M} \cdot L_1C = T_1^2 T_2 T_3; \\ \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot L_1C = T_1^2 \cdot (T_2 + T_3) + 2T_1 T_2 T_3; \\ \frac{L_{я}J}{C_eC_M} + \frac{L_1J}{C_eC_M} + L_1C = T_1^2 + 2T_1 \cdot (T_2 + T_3) + T_2 T_3; \\ \frac{R_{я}J}{C_eC_M} = 2T_1 + (T_2 + T_3). \end{cases}$$

Из четвёртого уравнения следует, что

$$(T_2 + T_3) = \frac{R_{я}J}{C_eC_M} - 2T_1.$$

После подстановки

$$\begin{cases} \frac{L_{я}J}{C_eC_M} \cdot L_1C = T_1^2 T_2 T_3; \\ \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot L_1C = \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1^2 - 2T_1^3 + 2T_1 T_2 T_3; \\ \frac{L_{я}J}{C_eC_M} + \frac{L_1J}{C_eC_M} + L_1C = 2 \cdot \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1 - 3T_1^2 + T_2 T_3. \end{cases}$$

Из третьего уравнения следует, что

$$T_2 T_3 = \frac{L_{я}J}{C_eC_M} + \frac{L_1J}{C_eC_M} + L_1C + 3T_1^2 - 2 \cdot \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1.$$

После подстановки:

$$\begin{cases} \frac{L_{я}J}{C_eC_M} \cdot L_1C = \frac{L_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1^2 + \frac{L_1J}{C_eC_M} \cdot T_1^2 + L_1C \cdot T_1^2 + 3T_1^4 - 2 \cdot \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1^3; \\ \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot L_1C = \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1^2 - 2T_1^3 + 2 \cdot \frac{L_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1 + 2 \cdot \frac{L_1J}{C_eC_M} \cdot T_1 + 2L_1C \cdot T_1 + \\ + 6T_1^3 - 4 \cdot \frac{R_{я}J}{C_eC_M} \cdot T_1^2. \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left(\frac{L_{яJ}}{C_e C_M} - T_1^2 \right) \cdot L_1 C = 3T_1^4 - 2 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 + \frac{L_1 J}{C_e C_M} \cdot T_1^2; \\ \left(\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - 2T_1 \right) \cdot L_1 C = 4T_1^3 - 3 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 + 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + 2 \cdot \frac{L_1 J}{C_e C_M} \cdot T_1. \end{cases}$$

Из верхнего уравнения следует, что

$$L_1 C = \frac{3T_1^2 - 2 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M}}{\frac{L_{яJ}}{C_e C_M} - T_1^2} \cdot T_1^2,$$

при этом должно выполняться условие:

$$T_1^2 \neq \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}.$$

Из нижнего уравнения следует, что

$$L_1 C = \frac{4T_1^2 - 3 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + 2 \cdot \frac{L_1 J}{C_e C_M}}{\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - 2T_1} \cdot T_1,$$

при этом должно выполняться условие

$$T_1 \neq \frac{1}{2} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M}.$$

Приравняв правые части, после преобразования получим

$$\begin{aligned} & 3 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 - 2 \cdot \frac{R_{яJ}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} \cdot T_1^2 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + \frac{L_1 J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 - \\ & - 6T_1^4 + 4 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 - 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 - 2 \cdot \frac{L_1 J}{C_e C_M} \cdot T_1^2 = \\ & = 4 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 - 3 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + 2 \cdot \frac{L_{яJ}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} + \\ & + 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{L_1 J}{C_e C_M} - 4T_1^4 + 3 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 - 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 - 2 \cdot \frac{L_1 J}{C_e C_M} \cdot T_1^2. \end{aligned}$$

Таким образом, для постоянной времени T_1 справедливо уравнение

$$\begin{aligned} & 2T_1^4 - 4 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 + 2 \cdot \left(2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} \right) \cdot T_1^2 - \left(4 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \right) \cdot \\ & \cdot T_1 + 2 \cdot \left(\frac{L_{яJ}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{L_1 J}{C_e C_M} \right) = 0. \end{aligned}$$

Постоянная времени T_3 определяется из четвертого уравнения исходной системы:

$$T_3 = \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - 2T_1 - T_2.$$

После подстановки T_3 в выражение для произведения $T_2 T_3$:

$$\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_2 - 2T_1 T_2 - T_2^2 = \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + L_1 C + 3T_1^2 - 2 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1.$$

Таким образом, для постоянной времени T_2 справедливо уравнение

$$T_2^2 - \left(\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - 2T_1 \right) \cdot T_2 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + L_1 C + 3T_1^2 - 2 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 = 0.$$

Если выполняется условие

$$\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + T_1 \right) \geq \left(\frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{L_1 J}{C_e C_M} + L_1 C + 2T_1^2 \right),$$

то постоянная времени T_2 определяется по формуле:

$$T_2 = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - T_1 \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \cdot \frac{R_{яJ}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} - \frac{L_1 J}{C_e C_M} - L_1 C - 2T_1^2 + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1}.$$

Преобразуем уравнение для T_1 в следующий вид:

$$2T_1^4 - 4 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 + 4 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 + 2 \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} \cdot T_1^2 -$$

$$- 4 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + 2 \cdot \frac{L_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} = \left[\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 - 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \right] \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}$$

Из полученного уравнения определяется параметр $\frac{L_{яJ}}{C_e C_M}$:

$$\frac{L_{яJ}}{C_e C_M} = \frac{2T_1^4 - 4 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 + 4 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 + 2 \cdot \frac{R_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} \cdot T_1^2}{\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 - 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}} - \frac{4 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 - 2 \cdot \frac{L_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2}}{\frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 - 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}}$$

Задаваясь значением постоянной времени T_1 и значением индуктивности якорной цепи электропривода $L_{я}$ определяются параметры системы: индуктивность источника питания L_1 , постоянные времени T_2, T_3 , ёмкость фильтра источника питания C .

В данной работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры: $C_e = 1,25 \frac{В \cdot с}{рад}$; $C_M = 1,25 В \cdot с$; $R_{я} = 5 Ом$; $J = 0,1 кг \cdot м^2$.

В работе выполнен численный эксперимент, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты численного эксперимента

$L_{я}, Гн$	$T_1, с$	$L_1, Гн$	$C, Ф$	$T_2, с$	$T_3, с$
0,075	0,12	0,4	0,012	0,04	0,04
	0,118	0,40213212	0,01218776	0,050628705	0,033371295
	0,116	0,404081686	0,01235205	0,056471363	0,031528637
	0,114	0,405845257	0,012494321	0,061593032	0,030406968
	0,112	0,407419512	0,012615941	0,066362208	0,029637792
	0,11	0,40880127	0,012718206	0,0709165	0,029083499
	0,1	0,412723214	0,012979989	0,09207135	0,027928649
	0,097370341	0,412904782	0,0129904	0,097370341	0,027888973
	0,09	0,411474609	0,012918476	0,111833003	0,028166997
	0,08	0,405	0,012641975	0,130596444	0,029403556
	0,07	0,393774414	0,01224924	0,148094752	0,031905248
	0,06	0,3796875	0,011851852	0,163245553	0,036754447
	0,05	0,369580078	0,011626371	0,172048367	0,047951633
	0,049296325	0,369503627	0,011624984	0,172111027	0,049296325
	0,045	0,373571777	0,011688266	0,168619026	0,061380974
0,042	0,384760547	0,011834179	0,15716631	0,07883369	
0,04	0,4	0,012	0,12	0,12	

Точка А, изображённая на рисунке 1, соответствует параметрам системы, при которых её передаточная функция имеет четыре кратных корня: $L_{я} = 0,1 Гн$; $L_1 = 0,4 Гн$; $C = 0,016 Ф$; $T = 0,08 с$.

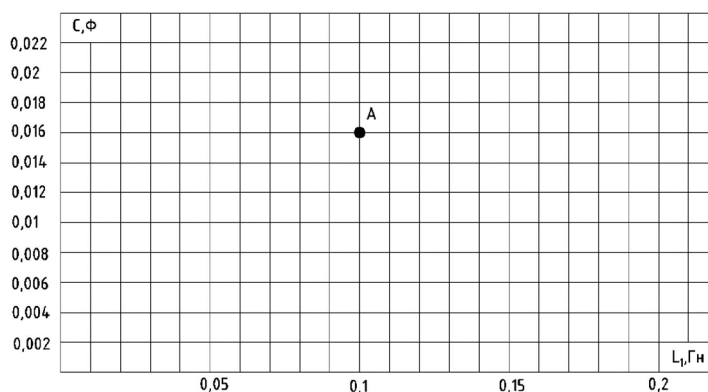


Рисунок 1 – Параметры электропривода с импульсным источником питания второго вида, при которых переходные процессы имеют апериодический вид, $L_{я} = 0,1 Гн$

Точка В, изображённая на рисунке 2, соответствует параметрам системы, при которых её передаточная функция имеет две пары кратных корней: $L_{я} = 0,075$ Гн; $L_1 = 0,4$ Гн; $C = 0,012$ Ф; $T_1 = 0,12$ с; $T_2 = 0,04$ с; $T_3 = 0,04$ с.

Точка С, изображённая на рисунке 2, соответствует параметрам системы, при которых её передаточная функция имеет три кратных корня, при этом $T_1 \geq T_2$: $L_{я} = 0,075$ Гн; $L_1 = 0,412904782$ Гн; $C = 0,01299039$ Ф; $T_1 = 0,097370341$ с; $T_2 = 0,097370341$ с; $T_3 = 0,027888973$ с.

Точка Е, изображённая на рисунке 2, соответствует параметрам системы, при которых её передаточная функция имеет три кратных корня, при этом $T_1 \leq T_2$: $L_{я} = 0,075$ Гн; $L_1 = 0,369503627$ Гн; $C = 0,01162498$ Ф; $T_1 = 0,049296325$ с; $T_2 = 0,172111027$ с; $T_3 = 0,049296325$ с.

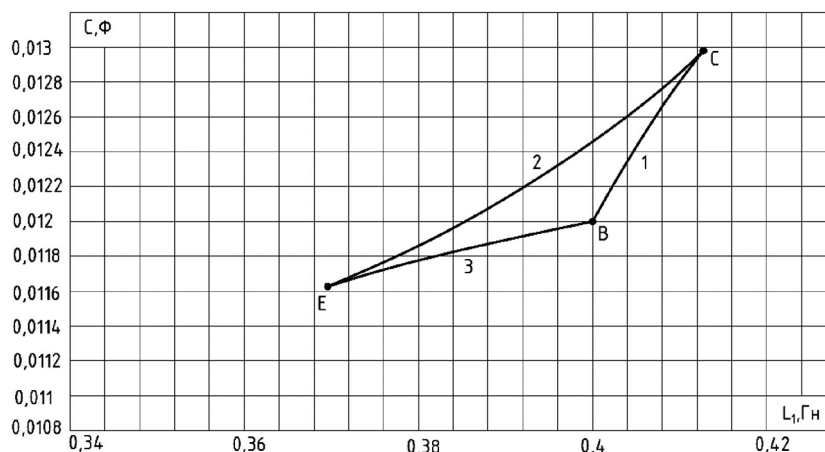


Рисунок 2 – Область параметров электропривода с импульсным источником питания второго вида, при которых переходные процессы имеют апериодический вид, $L_{я} = 0,075$ Гн

На рисунке 2 представлены три кривые: № 1, № 2, № 3. Система имеет действительные корни при условии, что параметры системы находятся левее кривой № 1, ниже кривой № 2 и выше кривой № 3.

Выводы:

Таким образом, определены области параметров электропривода с импульсным источником питания второго вида, при которых переходные процессы имеют апериодический вид.

Литература

1. Добробаба Ю.П., Шкерета Э.Д., Ефремов Е.А. Исследование влияния параметров источника питания первого вида на динамические характеристики электропривода // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 4. – С. 41–45.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Shkereta E.D., Efremov E.A. Investigation of the influence of the parameters of the power source of the first type on the dynamic characteristics of the electric drive // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2021. – №. 4. – P. 41–45.

УДК 62

**ДВУХМАССОВАЯ УПРУГАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
С ДВУМЯ ПАРАМИ КРАТНЫХ КОРНЕЙ
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**



**TWO-MASS ELASTIC ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH TWO PAIRS
OF MULTIPLE ROOTS CHARACTERISTIC EQUATION**

Добробаба Юрий Петрович

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

Асланова Диана Александровна

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Печёнкин Олег Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
pchn257@mail.ru

Аннотация. В данной статье определены параметры двухмассовой упругой электромеханической системы, при которых её передаточная функция имеет две пары кратных корней характеристического уравнения. Двухмассовая упругая электромеханическая система с двумя парами кратных корней характеристического уравнения обеспечивает близкое к предельному быстродействию переходных процессов без перерегулирования [1].

Ключевые слова: двигатель постоянного тока, система четвертого порядка, передаточная функция, упругий валопровод.

Dobrobaba Yury Petrovich

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

Aslanova Diana Alexandrovna

Student,
Kuban State Technological University

Pechonkin Oleg Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
pchn257@mail.ru

Annotation. This article defines the parameters of a two-mass elastic electromechanical system, in which its transfer function has two pairs of multiple roots of the characteristic equation. A two-mass elastic electromechanical system with two pairs of multiple roots of the characteristic equation provides close to the maximum speed of transients without overshoot [1].

Keywords: DC motor, fourth order system, transfer function, elastic shaft line.

Математическая модель двухмассовой упругой электромеханической системы имеет вид:

$$\begin{cases} U = C_e \omega_1 + R_{я} I_{я} + L_{я} \frac{dI_{я}}{dt}; \\ C_M I_{я} = M_y + J_1 \frac{d\omega_1}{dt}; \\ M_y = M_{co} + J_2 \frac{d\omega_2}{dt}; \\ \frac{dM_y}{dt} = C_y \cdot (\omega_1 - \omega_2). \end{cases}$$

где U – напряжение, подаваемое на якорную цепь двигателя; C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью двигателя и ЭДС двигателя; ω_1 – угловая скорость двигателя; $R_{я}$ – сопротивление якорной цепи двигателя; $L_{я}$ – индуктивность якорной цепи двигателя; $I_{я}$ – ток якорной цепи двигателя; C_M – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя; M_y – момент в валопроводе между двигателем и редуктором; J_1 – момент инерции двигателя; M_{co} – момент сопротивления; J_2 – момент инерции рабочего механизма; ω_2 – угловая скорость рабочего механизма; C_y – коэффициент упругости валопровода.

Передаточная функция для двухмассовой упругой электромеханической системы имеет вид:

$$\frac{\omega_2(p)}{U(p)} = \frac{1}{C_e} \cdot \frac{1}{B_4 p^4 + B_3 p^3 + B_2 p^2 + B_1 p + 1}, \text{ где}$$

$$B_1 = \frac{R_{\text{я}}(J_1+J_2)}{C_e C_M}; B_2 = \frac{L_{\text{я}}(J_1+J_2)}{C_e C_M} + \frac{J_2}{C_y};$$

$$B_3 = \frac{R_{\text{я}} J_1 J_2}{C_e C_M C_y}; B_4 = \frac{L_{\text{я}} J_1 J_2}{C_e C_M C_y}.$$

Передаточная функция системы четвертого порядка с двумя парами кратных корней характеристического уравнения имеет вид:

$$W_{40}(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1)^2 \cdot (T_2 p + 1)^2},$$

где T_1, T_2 – постоянные времени полинома знаменателя передаточной функции четвертого порядка.

Приравняв (1) и (2), получим систему уравнений (3–6):

$$\frac{L_{\text{я}} J_1 J_2}{C_e C_M C_y} = T_1^2 T_2^2; \quad (1)$$

$$\frac{R_{\text{я}} J_1 J_2}{C_e C_M C_y} = 2 T_1 T_2 \cdot (T_1 + T_2); \quad (2)$$

$$\frac{L_{\text{я}}(J_1+J_2)}{C_e C_M} + \frac{J_2}{C_y} = T_1^2 + 4 T_1 T_2 + T_2^2; \quad (3)$$

$$\frac{R_{\text{я}}(J_1+J_2)}{C_e C_M} = 2 \cdot (T_1 + T_2). \quad (4)$$

Так как число неизвестных больше числа независимых уравнений системы, то решение такой системы уравнений не может быть найдено аналитически.

Из уравнений (2) и (4) получим:

$$\frac{J_1 J_2}{C_y (J_1 + J_2)} = T_1 T_2. \quad (5)$$

Из уравнений (1) и (5) получим:

$$\frac{L_{\text{я}}(J_1+J_2)}{C_e C_M} = T_1 T_2. \quad (6)$$

Из уравнений (3), (5) и (6) получим:

$$\frac{J_2}{J_1+J_2} \cdot \frac{J_2}{C_y} = (T_1 + T_2)^2. \quad (7)$$

Из уравнений (4) и (7) получим:

$$C_y = \frac{4 J_2^2}{J_1+J_2} \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{\text{я}}^2 \cdot (J_1+J_2)^2}; \quad (8)$$

Из уравнений (5), (6) и (8) получим:

$$L_{\text{я}} = \frac{1}{4} \cdot \frac{J_1}{J_2} \cdot \frac{R_{\text{я}}^2 (J_1+J_2)}{C_e C_M}. \quad (9)$$

Из уравнений (4), (6) и (9) получим:

$$T_1 = \left[1 + \sqrt{\frac{J_2 - 4 J_1}{J_2}} \right] \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{\text{я}} (J_1+J_2)}{C_e C_M}. \quad (10)$$

$$T_2 = \left[1 - \sqrt{\frac{J_2 - 4 J_1}{J_2}} \right] \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{R_{\text{я}} (J_1+J_2)}{C_e C_M}. \quad (11)$$

Полученные уравнения (7–10) позволяют получить зависимости $T_1 = f(J_1)$, $T_2 = f(J_1)$, $C_y = f(J_1)$, $L_{\text{я}} = f(J_1)$.

Рассмотрим двухмассовую упругую электромеханическую систему с параметрами $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$, $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$, $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$, $J_2 = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Определим варьируемые параметры двухмассовой упругой электромеханической системы, при которых её передаточная функция имеет две пары кратных корней характеристического уравнения.

Граничное значение момента инерции электродвигателя при $T_1 = T_2$, равно:

$$J_{1\text{max}} = \frac{1}{4} J_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,08 = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Решим уравнение (10) методом Д. Кардано для значений момента инерции электродвигателя $0 < J_1 \leq 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Полученные значения постоянной времени подставим в (7–9). Результаты расчета приведены для варианта $T_1 \geq T_2$ таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета для варианта $T_1 \geq T_2$

J_1 кг · м ²	C_y $\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$	$L_{я}$ Гн	T_1 с	T_2 с
0.010	3,429355281	0,045	0,122911688	0,021088311
0.011	3,31753743	0,05005	0,121635724	0,023964275
0.012	3,210528479	0,0552	0,120148727	0,027051272
0.013	3,108072659	0,06045	0,118415633	0,030384366
0.014	3,009930362	0,0658	0,116388736	0,034011263
0.015	2,91587695	0,07125	0,114	0,038
0.016	2,825701678	0,0768	0,111146004	0,042453995
0.017	2,739206704	0,08245	0,10765435	0,047545649
0.018	2,656206173	0,0882	0,103192256	0,053607743
0.019	2,57652538	0,09405	0,096909658	0,061490341
0.020	2,5	0,1	0,08	0,08

Полученные зависимости $T_1 = f(J_1)$, $T_2 = f(J_1)$, $C_y = f(J_1)$, $L_{я} = f(J_1)$ представлены на рисунках 1–3.

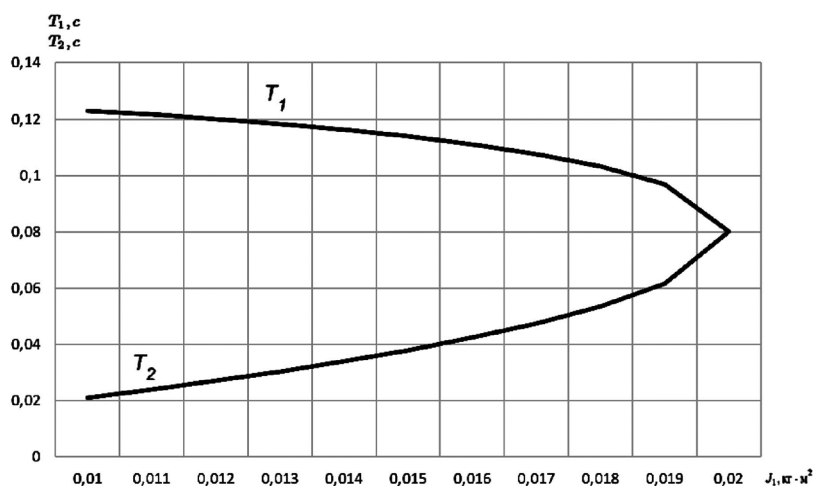


Рисунок 1 – Зависимость постоянных времени от выбранного момента инерции электродвигателя двухмассовой упругой электромеханической системы с двумя парами кратных корней характеристического уравнения

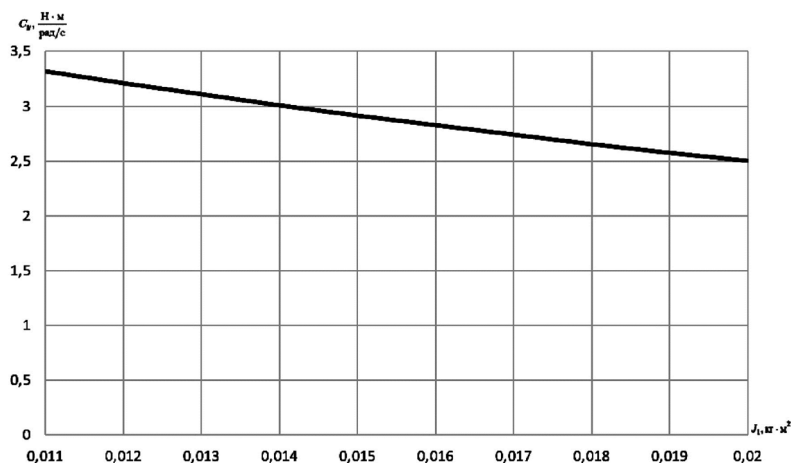


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента упругости валопровода от выбранного момента инерции электродвигателя двухмассовой упругой электромеханической системы с двумя парами кратных корней характеристического уравнения

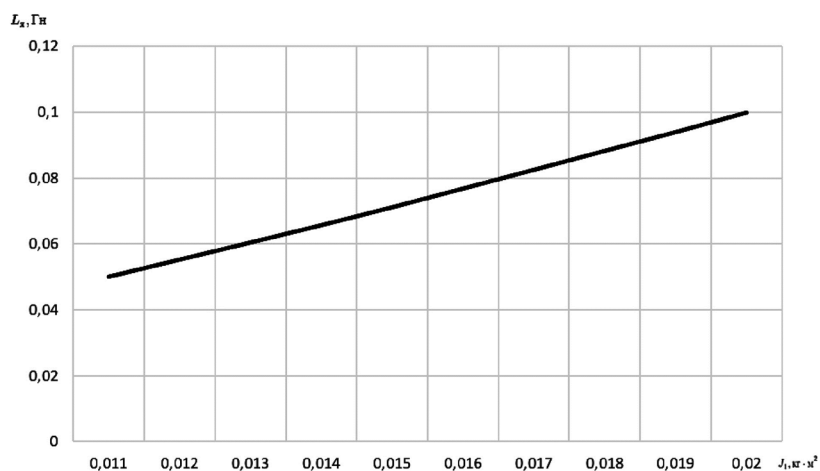


Рисунок 3 – Зависимость индуктивности якорной цепи от выбранного момента инерции электродвигателя двухмассовой упругой электромеханической системы с двумя парами кратных корней характеристического уравнения

Вывод:

Определены параметры двухмассовой упругой электромеханической системы соответствующие передаточной функции с двумя парами кратных корней характеристического уравнения. Построены зависимости постоянных времени, коэффициента упругости валопровода и индуктивности якорной цепи от выбранного момента инерции электродвигателя двухмассовой упругой электромеханической системы с двумя парами кратных корней характеристического уравнения.

Литература

1. Добробаба Ю.П., Мурлин А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик систем четвертого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 417–422.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Serkin A.D. The analysis of transitional features of the system of the fourth order with multiple roots of the characteristic equation // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2019. – № 1. – P. 417–422.

УДК 62

**БЛИЗКАЯ К ОПТИМАЛЬНОЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММА
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ОСОБО ТОЧНОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ ПО НАПРЯЖЕНИЮ
И МАКСИМАЛЬНОМУ ЗНАЧЕНИЮ ТОКА**



**CLOSE TO THE OPTIMAL SPEED DIAGRAM
OF MOVEMENT OF THE EXECUTIVE BODY
OF THE PARTICULARLY ACCURATE ELECTRIC DRIVE UNDER VOLTAGE
LIMITATIONS AND THE MAXIMUM CURRENT VALUE**

Добробаба Юрий Петрович

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

Кияшко Данил Сергеевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Разработана близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа особо точного электропривода при ограничении по напряжению и максимальному значению тока, состоящая из девяти этапов. Предложен алгоритм, позволяющий определить параметры диаграммы.

Ключевые слова: близкая к оптимальной, с ограничением по напряжению, с ограничением по максимальному значению тока, особо точного электропривода, девяти этапная диаграмма.

Dobrobaba Yury Petrovich

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

Kiyashko Danil Sergeevich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. A diagram of the movement of the executive body of a particularly accurate electric drive with limitation in voltage and maximum current value, consisting of nine stages, has been developed that is close to optimal in terms of speed. An algorithm is proposed that allows you to determine the parameters of the diagram.

Keywords: close to optimal, with voltage limitation, with maximum value of current, especially precise electric drive, nine-stage diagram.

В монографии [1] и четырех статьях приведены близкие к оптимальным по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода с ограничениями: по напряжению [2]; по напряжению и максимальному току [3]; по напряжению, максимальному и минимальному токам [4]; по напряжению, максимальному и минимальному токам и скорости [5]. Данные диаграммы разработаны для электроприводов, описываемых дифференциальными уравнениями третьего порядка.

Особо точные программно-управляемые позиционные электропривода описываются дифференциальными уравнениями четвертого порядка. Поэтому необходимо разработать близкие к оптимальным по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа особо точных электроприводов.

В данной работе разработана близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа особо точного электропривода при ограничениях по напряжению и максимальному значению тока.

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

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

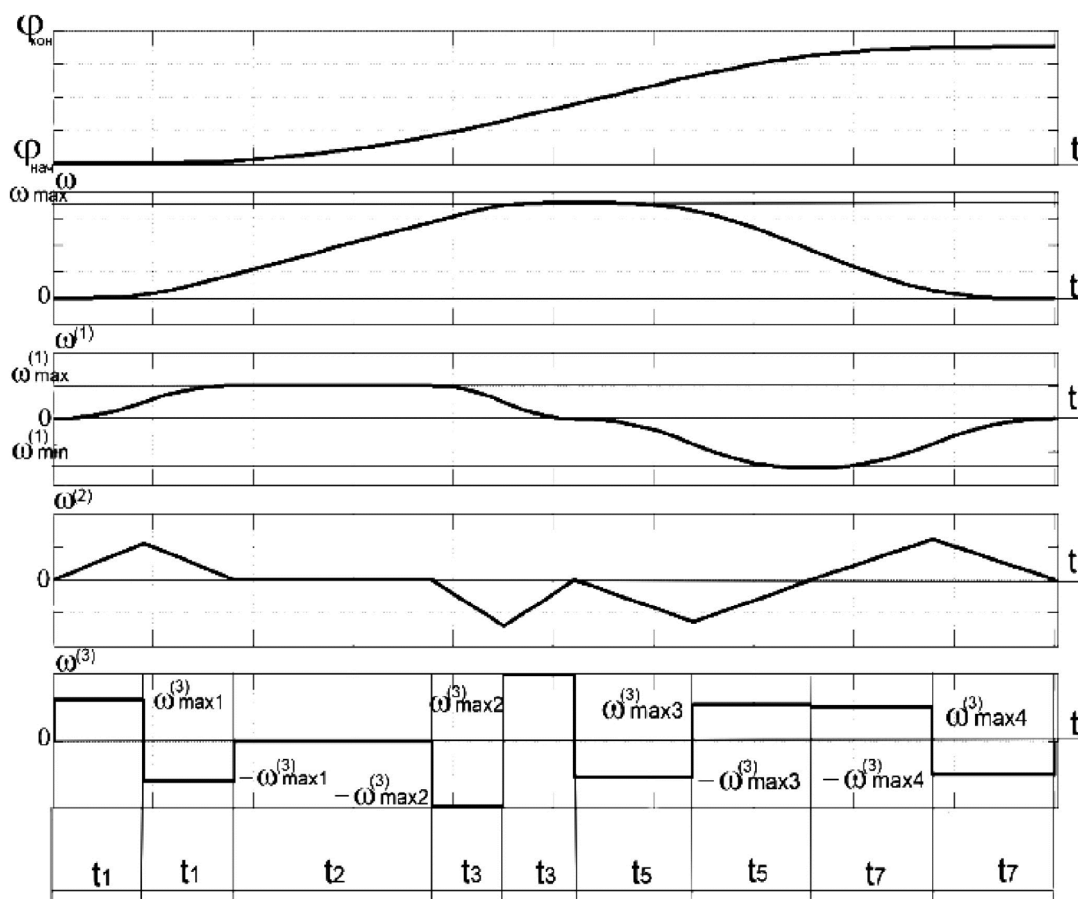


Рисунок 1 – Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа особо точного электропривода при ограничениях по напряжению и максимальному значению тока (механические контролируемые координаты)

На рисунках приняты обозначения:

- φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, рад/с;
- $\omega^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;
- $\omega^{(3)}$ – третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с⁴;
- U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;
- $I_{я}$ – ток якорной цепи электродвигателя, А
- $I_{я}^{(1)}$ – первая производная тока якорной цепи электродвигателя, А/с;
- $M_{со}$ – момент сопротивления электропривода, Н · м;
- $\varphi_{кон}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- $\varphi_{нач}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- ω_{max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с;
- $\omega_{max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega_{min}^{(1)}$ – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega_{max1}^{(3)}$ – первое максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с⁴;

- $\omega_{\max 2}^{(3)}$ – второе максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с⁴;
- $\omega_{\max 3}^{(3)}$ – третье максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с⁴;
- $\omega_{\max 4}^{(3)}$ – четвертое максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с⁴;
- $U_{\text{доп}}$ – допустимое значение напряжения, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;
- $I_{\text{доп}}$ – допустимое значение тока якорной цепи электродвигателя, А;
- $I_{\text{мин}}$ – минимальное значение тока якорной цепи электродвигателя, А;
- t – время, с;
- t_1 – длительность первого и второго этапов, с;
- t_2 – длительность третьего этапа, с;
- t_3 – длительность четвертого и пятого этапов, с;
- t_5 – длительность шестого и седьмого этапов, с;
- t_7 – длительность восьмого и девятого этапов, с;
- $R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи, Ом.
- $C_{\text{м}}$ – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя, В · с;
- J – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг · м²;
- $C_{\text{е}}$ – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью и ЭДС электродвигателя, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;
- $L_{\text{я}}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн.

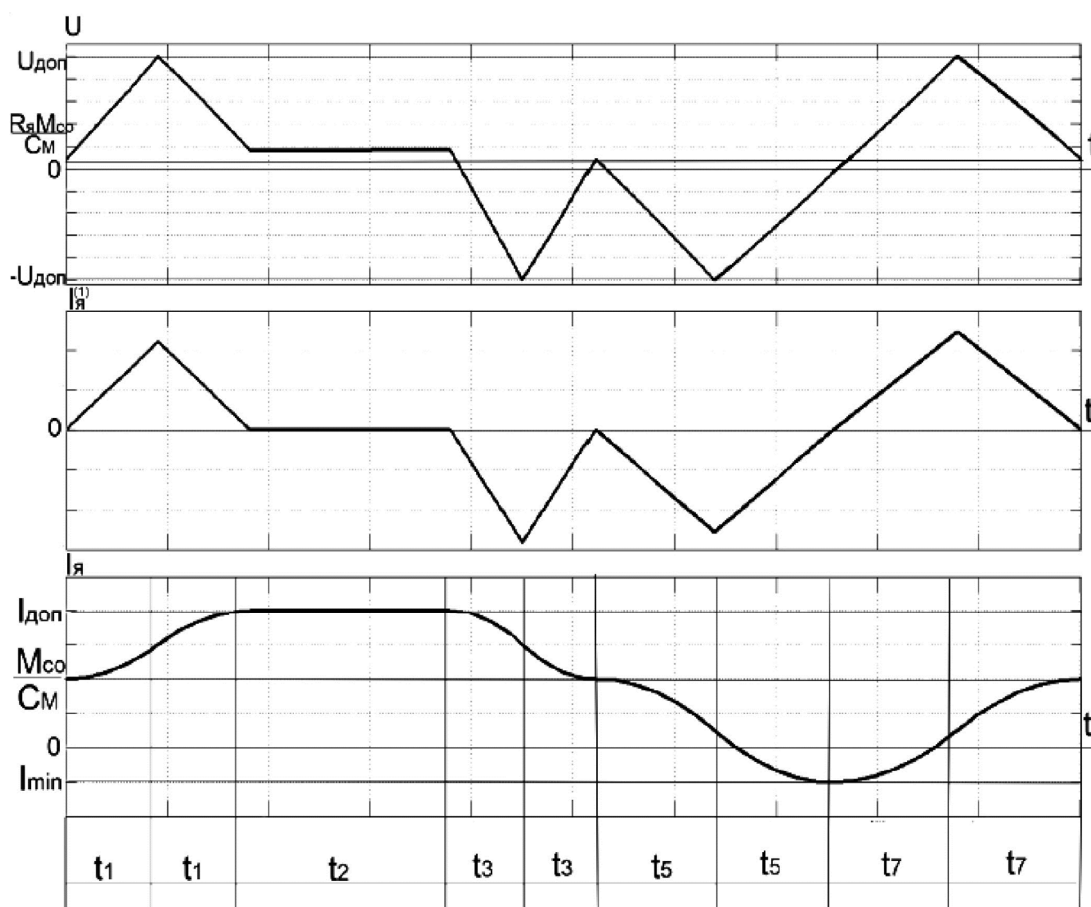


Рисунок 2 – Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа особо точного электропривода при ограничениях по напряжению и максимальному значению тока (механические контролируемые координаты)

Характерной особенностью близких к оптимальным по быстродействию диаграмм при ограничениях по напряжению и максимальному значению тока является то, что для них справедливы соотношения:

$$\omega_{\max}^{(1)} = \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}}{J};$$

$$\omega_{\min}^{(1)} = \frac{C_M I_{\text{min}} - M_{\text{co}}}{J}.$$

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

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

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

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

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

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

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + \frac{1}{2} J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t^2];$$

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

$$U(t) = \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + \frac{1}{2} J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t^2] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t.$$

При $t = 0$

$$\omega_0^{(3)} = 0;$$

$$\omega_0^{(2)} = 0;$$

$$\omega_0^{(1)} = 0;$$

$$\omega_0 = 0;$$

$$\varphi_0 = \varphi_{\text{нач}};$$

$$I_{\text{я}0} = \frac{M_{\text{co}}}{C_M};$$

$$I_{\text{я}0}^{(1)} = 0;$$

$$U_0 = \frac{R_{\text{я}} M_{\text{co}}}{C_M}.$$

При $t = t_1$

$$\omega_1^{(3)} = \omega_{\max 1}^{(3)};$$

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

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

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

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

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

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

$$U_1 = \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + \frac{1}{2} J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1.$$

Этап 2. В интервале времени $t_1 \leq t \leq 2t_1$:

$$\begin{aligned}\omega^{(3)}(t) &= -\omega_{\max 1}^{(3)}; \\ \omega^{(2)}(t) &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1 - \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t - t_1); \\ \omega^{(1)}(t) &= \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1) - \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t - t_1)^2; \\ \omega(t) &= \frac{1}{6} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1)^2 - \frac{1}{6} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t - t_1)^3; \\ \varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{24} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^4 + \frac{1}{6} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{4} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - t_1)^2 + \\ &\quad + \frac{1}{6} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1)^3 - \frac{1}{24} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t - t_1)^4; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot \left\{ M_{\text{с0}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1)^2 \right] \right\}; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= \frac{J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot [t_1 - (t - t_1)]; \\ U(t) &= C_{\text{е}} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - t_1)^2 - \frac{1}{6} \cdot (t - t_1)^3 \right] + \\ &\quad + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \left\{ M_{\text{с0}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1)^2 \right] \right\} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(3)} [t_1 - (t - t_1)].\end{aligned}$$

При $t = 2t_1$

$$\omega_2^{(3)} = -\omega_{\max 1}^{(3)};$$

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

$$\omega_2^{(1)} = \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2; \quad (5)$$

$$\omega_2 = \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3; \quad (4)$$

$$\varphi_2 = \varphi_{\text{нач}} + \frac{7}{12} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^4;$$

$$I_{\text{я}2} = \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2];$$

$$I_{\text{я}2}^{(1)} = 0;$$

$$U_2 = C_{\text{е}} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2].$$

Так как $I_{\text{я}2} = I_{\text{доп}}$, то

$$I_{\text{доп}} = \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2];$$

$$\omega_{\max 1}^{(3)} = \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}}{J \cdot t_1^2}. \quad (2)$$

При этом

$$I_{\text{я}1} = \frac{1}{2} \cdot \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{с0}}}{C_{\text{м}}} \right).$$

Так как $U_1 = U_{\text{доп}}$, то

$$U_{\text{доп}} = \frac{1}{6} C_{\text{е}} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot \left[M_{\text{с0}} + \frac{1}{2} J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \right] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1;$$

$$U_{\text{доп}} = \frac{1}{6} C_{\text{е}} \cdot \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}}{J} \cdot t_1 + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{с0}}}{C_{\text{м}}} \right) + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}}{t_1};$$

$$\left[U_{\text{доп}} - \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{с0}}}{C_{\text{м}}} \right) \right] = \frac{1}{6} C_{\text{е}} \cdot \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}}{J} \cdot t_1 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \frac{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}}{t_1};$$

$$t_1^2 - 6 \cdot \frac{J}{C_{\text{е}}} \cdot \frac{U_{\text{доп}} - \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{с0}}}{C_{\text{м}}} \right)}{C_{\text{м}} I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}} \cdot t_1 + 6 \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{е}} C_{\text{м}}} = 0.$$

$$t_1 = 3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{\text{доп}} - \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{с0}}}{C_M} \right)}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}} - \sqrt{\left[3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{\text{доп}} - \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{с0}}}{C_M} \right)}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{с0}}} \right]^2 - 6 \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M}} \quad (1)$$

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

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

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

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^3 + \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1);$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \frac{7}{12} \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^4 + \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^3 \cdot (t - 2t_1) + \frac{1}{2} \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1)^2;$$

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2];$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = 0;$$

$$U(t) = C_e \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot [t_1^3 + t_1^2 \cdot (t - 2t_1)] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2].$$

При $t = (2t_1 + t_2)$

$$\omega_3^{(3)} = 0; \omega_3^{(2)} = 0;$$

$$\omega_3^{(1)} = \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2;$$

$$\omega_3 = \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2);$$

$$\varphi_3 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot \left(\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right);$$

$$I_{\text{я3}} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2];$$

$$I_{\text{я3}}^{(1)} = 0;$$

$$U_3 = C_e \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2) + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2].$$

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

$$\omega^{(3)}(t) = -\omega_{\text{max2}}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = -\omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2);$$

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{2} \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2) + \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2) - \frac{1}{6} \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^3;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot \left(\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right) + \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2) \times$$

$$\times (t - 2t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2 - \frac{1}{24} \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^4;$$

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{2} J \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2];$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2);$$

$$U(t) = C_e \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot [(t_1^3 + t_1^2 t_2) + t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2)] - \frac{1}{6} C_e \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^3 +$$

$$+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{с0}} + J \omega_{\text{max1}}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{2} J \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2] - \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max2}}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2).$$

При $t = (2t_1 + t_2 + t_3)$

$$\omega_4^{(3)} = -\omega_{\text{max2}}^{(3)};$$

$$\begin{aligned}\omega_4^{(2)} &= -\omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3; \\ \omega_4^{(1)} &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2; \\ \omega_4 &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) - \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3; \\ \varphi_4 &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \left(\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 + t_1^3 t_3 + t_1^2 t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 \right) - \frac{1}{24} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^4; \\ I_{\text{я}4} &= \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{2} J \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2]; \\ I_{\text{я}4}^{(1)} &= -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3; \\ U_4 &= C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) - \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3 + \\ &+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{2} J \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2] - \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3.\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\omega^{(3)}(t) &= \omega_{\max 2}^{(3)}; \\ \omega^{(2)}(t) &= -\omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3 + \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3); \\ \omega^{(1)}(t) &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2 - \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) + \\ &+ \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2; \\ \omega(t) &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) - \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3 + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot \\ &\cdot t_3^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^3; \\ \varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \left(\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 + t_1^3 t_3 + t_1^2 t_2 t_3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_3^2 \right) - \\ &- \frac{1}{24} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^4 + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \\ &- \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) + \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 - \\ &- \frac{1}{4} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^3 + \\ &+ \frac{1}{24} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^4; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot \{ M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 + J \omega_{\max 2}^{(3)} \times \\ &\times \left[-\frac{1}{2} t_3^2 - t_3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) + \frac{1}{2} (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] \}; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot [-t_3 + (t - 2t_1 - t_2 - t_3)]; \\ U(t) &= C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot [(t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) - t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)] + \\ &+ C_e \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{6} t_3^3 - \frac{1}{2} t_3^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} t_3 (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 + \right. \\ &+ \left. \frac{1}{6} (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^3 \right] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \{ M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 + J \omega_{\max 2}^{(3)} \times \\ &\times \left[-\frac{1}{2} t_3^2 - t_3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) + \frac{1}{2} (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] \} + \\ &+ \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot [-t_3 + (t - 2t_1 - t_2 - t_3)].\end{aligned}$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3)$

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

$$\begin{aligned}\omega_5^{(2)} &= 0; \\ \omega_5^{(1)} &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2; \\ \omega_5 &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + 2t_1^2 t_3) - \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3; \\ \varphi_5 &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \left(\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 + 2t_1^3 t_3 + 2t_1^2 t_2 t_3 + 2t_1^2 t_3^2 \right) - \frac{7}{12} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^4; \\ I_{\text{я}5} &= \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - J \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2]; \\ I_{\text{я}5}^{(1)} &= 0; \\ U_5 &= C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + 2t_1^2 t_3) - C_e \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2].\end{aligned}$$

Так как $I_{\text{я}5} = \frac{M_{\text{co}}}{C_M}$, то

$$\frac{M_{\text{co}}}{C_M} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - J \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2];$$

$$J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - J \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2 = 0;$$

$$\omega_{\max 2}^{(3)} = \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \frac{t_1^2}{t_3^2}. \quad (12)$$

При этом

$$I_{\text{я}4} = \frac{1}{2} \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right).$$

Так как $U_4 = -U_{\text{доп}}$, то

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

Так как $\omega_5 = \omega_{\max}$, то

$$\begin{aligned}\omega_{\max} &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + 2t_1^2 t_3) - \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3; \\ \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) &= \omega_{\max} - \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3 + \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3; \\ \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) &= \omega_{\max} - \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3 + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3; \\ \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2 + t_1^2 t_3) &= \omega_{\max}; \\ -U_{\text{доп}} &= C_e \omega_{\max} - \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3 + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right) - \frac{L_{\text{я}J}}{C_M} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \frac{t_1^2}{t_3}; \\ \left[U_{\text{доп}} + C_e \omega_{\max} + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right) \right] &= \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3 + \frac{L_{\text{я}J}}{C_M} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \frac{t_1^2}{t_3}; \\ t_3^2 - 6 \frac{U_{\text{доп}} + C_e \omega_{\max} + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right)}{C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2} \cdot t_3 + 6 \frac{L_{\text{я}J}}{C_e C_M} &= 0.\end{aligned}$$

$$t_3 = 3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{\text{доп}} + C_e \omega_{\max} + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right)}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}} - \sqrt{\left[3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{\text{доп}} + C_e \omega_{\max} + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right)}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{co}}} \right]^2 - 6 \frac{L_{\text{я}J}}{C_e C_M}}. \quad (11)$$

$$\omega_4 = \omega_{\max} - \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3. \quad (13)$$

$$\omega_4 = \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2) + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3 - \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3;$$

$$\omega_4 = \omega_3 + \frac{5}{6} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3;$$

$$\omega_3 = \omega_4 - \frac{5}{6} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3. \quad (14)$$

$$t_2 = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_2^{(1)}}. \quad (15)$$

Этап 6. В интервале времени $(2t_1 + t_2 + 2t_3) \leq t \leq (2t_1 + t_2 + 2t_3 + t_5)$:

$$\begin{aligned} \omega^{(3)}(t) &= -\omega_{\max 3}^{(3)}; \\ \omega^{(2)}(t) &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3); \\ \omega^{(1)}(t) &= -\frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3)^2; \\ \omega(t) &= \omega_{\max} - \frac{1}{6} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3)^3; \\ \varphi(t) &= \varphi_5 + \omega_{\max} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3) - \frac{1}{24} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3)^4; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \left[M_{\text{co}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3)^2 \right]; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3); \\ U(t) &= C_e \omega_{\max} - \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3)^3 + \\ &+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot \left[M_{\text{co}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3)^2 \right] - \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3). \end{aligned}$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + t_5)$

$$\begin{aligned} \omega_6^{(3)} &= -\omega_{\max 3}^{(3)}; \\ \omega_6^{(2)} &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5; \\ \omega_6^{(1)} &= -\frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2; \\ \omega_6 &= \omega_{\max} - \frac{1}{6} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3; \\ \varphi_6 &= \varphi_5 + \omega_{\max} \cdot t_5 - \frac{1}{24} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^4; \\ I_{\text{я}6} &= \frac{1}{C_M} \cdot \left[M_{\text{co}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right]; \\ I_{\text{я}6}^{(1)} &= -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5; \\ U_6 &= C_e \omega_{\max} - \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot \left[M_{\text{co}} - \frac{1}{2} J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right] - \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5. \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \omega^{(3)}(t) &= \omega_{\max 3}^{(3)}; \\ \omega^{(2)}(t) &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5 + \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5); \\ \omega^{(1)}(t) &= -\frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) + \\ &+ \frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2; \\ \omega(t) &= \omega_{\max} - \frac{1}{6} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 - \frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) - \\ &- \frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2 + \frac{1}{6} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^3; \\ \varphi(t) &= \varphi_6 + \omega_{\max} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) - \\ &- \frac{1}{6} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) - \frac{1}{4} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2 - \\ &- \frac{1}{6} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^3 + \frac{1}{24} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^4; \end{aligned}$$

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

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

$$U(t) = C_e \omega_{\text{max}} + C_e \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot [-\frac{1}{6} t_5^3 - \frac{1}{2} t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) - \frac{1}{2} t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2 + \frac{1}{6} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^3] + \\ + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot \{ M_{\text{co}} + J \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot [-\frac{1}{2} t_5^2 - t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) + \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2] \} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot [-t_5 + (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)].$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5)$

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

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

$$\omega_7^{(1)} = -\omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^2;$$

$$\omega_7 = \omega_{\text{max}} - \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^3;$$

$$\varphi_7 = \varphi_6 + \omega_{\text{max}} \cdot t_5 - \frac{13}{24} \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^4;$$

$$I_{\text{я}7} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} - J \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^2];$$

$$I_{\text{я}7}^{(1)} = 0;$$

$$U_7 = C_e \omega_{\text{max}} - C_e \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} - J \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^2].$$

Так как $I_{\text{я}7} = I_{\text{min}}$, то

$$I_{\text{min}} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} - J \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^2];$$

$$\omega_{\text{max}3}^{(3)} = \frac{-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}}}{J \cdot t_5^2}. \quad (10)$$

При этом

$$I_{\text{я}6} = \frac{1}{2} \left(I_{\text{min}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right).$$

Так как $U_6 = -U_{\text{доп}}$, то

$$-U_{\text{доп}} = C_e \omega_{\text{max}} - \frac{1}{6} C_e \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} - \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5^2] - \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}3}^{(3)} \cdot t_5;$$

$$-U_{\text{доп}} = C_e \omega_{\text{max}} - \frac{1}{6} C_e \cdot \frac{-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}}}{J} \cdot t_5^3 + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{min}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right) - \frac{L_{\text{я}}}{C_M} \cdot \frac{-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}}}{t_5};$$

$$-U_{\text{доп}} = -C_e \omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot t_5 - C_e \omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot t_7 - \frac{1}{6} C_e \cdot \frac{-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}}}{J} \cdot t_5^3 +$$

$$+ \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{min}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right) - \frac{L_{\text{я}}}{C_M} \cdot \frac{-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}}}{t_5};$$

$$C_e \cdot \left[\omega_{\text{min}}^{(1)} + \frac{1}{6} \cdot \frac{-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}}}{J} \right] \cdot t_5^2 - \left[U_{\text{доп}} - C_e \omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot t_7 + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{min}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right) \right] \cdot t_5 +$$

$$+ \frac{L_{\text{я}}}{C_M} \cdot (-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}}) = 0;$$

$$t_5^2 - 6 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{\text{доп}} - C_e \omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot t_7 + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{min}} + \frac{M_{\text{co}}}{C_M} \right)}{6J \omega_{\text{min}}^{(1)} + (-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}})} \cdot t_5 + 6 \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot \frac{(-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}})}{6J \omega_{\text{min}}^{(1)} + (-C_M I_{\text{min}} + M_{\text{co}})} = 0.$$

$$t_5 = 3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{доп} - C_e \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_7 + \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{\min} + \frac{M_{co}}{C_M})}{6J\omega_{\min}^{(1)} + (-C_M I_{\min} + M_{co})} + \sqrt{\left[3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{доп} - C_e \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_7 + \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{\min} + \frac{M_{co}}{C_M})}{6J\omega_{\min}^{(1)} + (-C_M I_{\min} + M_{co})} \right]^2 - 6 \cdot \frac{L_{я} J}{C_e C_M} \cdot \frac{(-C_M I_{\min} + M_{co})}{6J\omega_{\min}^{(1)} + (-C_M I_{\min} + M_{co})}} \quad (8)$$

Этап 8. В интервале времени $(2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5) \leq t \leq (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_7)$:

$$\omega^{(3)}(t) = \omega_{\max 4}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5);$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \times (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5) + \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^3;$$

$$\varphi(t) = \varphi_7 + \omega_{\max} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5) - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5) - \frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^2 + \frac{1}{24} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^4;$$

$$I_{я}(t) = \frac{1}{C_M} [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^2];$$

$$I_{я}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5);$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} [t_5^3 + t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)] +$$

$$+ \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 +$$

$$+ \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^2] + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5).$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_7)$

$$\omega_8^{(3)} = \omega_{\max 4}^{(3)};$$

$$\omega_8^{(2)} = \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7;$$

$$\omega_8^{(1)} = -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2;$$

$$\omega_8 = \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7) + \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3;$$

$$\varphi_8 = \varphi_7 + \omega_{\max} \cdot t_7 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 t_7 + \frac{1}{2} t_5^2 t_7^2) + \frac{1}{24} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^4;$$

$$I_{я8} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2];$$

$$I_{я8}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7;$$

$$U_8 = C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7) +$$

$$+ \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2] + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7.$$

Этап 9. В интервале времени $(2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_7) \leq t \leq (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + 2t_7)$:

$$\omega^{(3)}(t) = -\omega_{\max 4}^{(3)};$$

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 - \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7);$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 \times (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) -$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{2}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^2; \\
 \omega(t) = & \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7) + \frac{1}{6}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \times \\
 & \times (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) + \frac{1}{2}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) + \\
 & + \frac{1}{2}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^2 - \frac{1}{6}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^3; \\
 \varphi(t) = & \varphi_8 + \omega_{\max} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) - \\
 & - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) + \\
 & + \frac{1}{6}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) - \frac{1}{2}\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^2 + \\
 & + \frac{1}{4}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^2 + \frac{1}{6}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^3 - \\
 & - \frac{1}{24}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^4; \\
 I_{\text{я}}(t) = & \frac{1}{C_M} \{M_{\text{co}} - J\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + J\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot \\
 & \cdot [\frac{1}{2}t_7^2 + t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^2]\}; \\
 I_{\text{я}}^{(1)}(t) = & \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [t_7 - (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)]; \\
 U(t) = & C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} [(t_5^3 + t_5^2 t_7) + t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)] + \\
 & + C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [\frac{1}{6}t_7^3 + \frac{1}{2}t_7^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) + \\
 & + \frac{1}{2}t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^2 - \frac{1}{6} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^3] + \\
 & + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot \{M_{\text{co}} - J\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [\frac{1}{2}t_7^2 + t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7) - \\
 & - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)^2]\} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [t_7 - (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_7)].
 \end{aligned}$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + 2t_7)$

$$\begin{aligned}
 \omega_9^{(3)} & = -\omega_{\max 4}^{(3)}; \\
 \omega_9^{(2)} & = 0; \\
 \omega_9^{(1)} & = -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2; \\
 \omega_9 & = \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3; \\
 \varphi_9 & = \varphi_8 + \omega_{\max} \cdot t_7 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 t_7 + \frac{3}{2}t_5^2 t_7^2) + \frac{13}{24}\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^4; \\
 I_{\text{я}9} & = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} - J\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + J\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2]; \\
 I_{\text{я}9}^{(1)} & = 0; \\
 U_9 & = C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + 2t_5^2 t_7) + \\
 & + C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} - J\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + J\omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2].
 \end{aligned}$$

Так как $\omega_9^{(1)} = 0$, то

$$\begin{aligned}
 & -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 = 0; \\
 \omega_{\max 4}^{(3)} & = \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot \frac{t_5^2}{t_7^2} = -\frac{\omega_{\min}^{(1)}}{t_7^2}.
 \end{aligned} \tag{7}$$

При этом $I_{я9} = \frac{M_{co}}{C_M}$ и $I_{я8} = \frac{1}{2} \left(I_{min} + \frac{M_{co}}{C_M} \right)$.

Так как $\omega_9 = 0$, то

$$\begin{aligned} \omega_{max} - \omega_{max3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{max4}^{(3)} \cdot t_7^3 &= 0; \\ \omega_{max} - \omega_{max3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 t_7 &= 0; \\ \omega_{max} = \omega_{max3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7) = -\omega_{min}^{(1)} \cdot (t_5 + t_7). \end{aligned} \quad (9)$$

При этом $U_9 = \frac{R_{я} M_{co}}{C_M}$.

Так как $U_8 = U_{доп}$, то

$$\begin{aligned} U_{доп} &= C_e \omega_{max} - C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7) + \\ &+ \frac{1}{6} C_e \omega_{max4}^{(3)} \cdot t_7^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \left[M_{co} - J \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{max4}^{(3)} \cdot t_7^2 \right] + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{max4}^{(3)} \cdot t_7; \\ U_{доп} &= C_e \omega_{max} - C_e \omega_{max} + \frac{1}{6} C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 t_7 + \frac{1}{2} R_{я} \cdot \left(I_{min} + \frac{M_{co}}{C_M} \right) + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{max3}^{(3)} \cdot \frac{t_5^2}{t_7}; \\ [U_{доп} - \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{min} + \frac{M_{co}}{C_M})] &= \frac{1}{6} C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 t_7 + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{max3}^{(3)} \cdot \frac{t_5^2}{t_7}; \\ t_7^2 - 6 \cdot \frac{U_{доп} - \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{min} + \frac{M_{co}}{C_M})}{C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2} \cdot t_7 + 6 \cdot \frac{L_{я} J}{C_e C_M} &= 0. \\ t_7 &= 3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{доп} - \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{min} + \frac{M_{co}}{C_M})}{-C_M I_{min} + M_{co}} - \sqrt{\left[3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{доп} - \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{min} + \frac{M_{co}}{C_M})}{-C_M I_{min} + M_{co}} \right]^2 - 6 \cdot \frac{L_{я} J}{C_e C_M}}. \end{aligned} \quad (6)$$

$$T_{ц} = 2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + 2t_7.$$

Если $t_2 = 0$, то $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) = \varphi_{гр.1}$.

При этом

$$\begin{aligned} \omega_{max} &= \omega_{max}^{(1)} \cdot (t_1 + t_3); \\ -U_{доп} &= C_e \omega_{max}^{(1)} \cdot t_1 + C_e \omega_{max}^{(1)} \cdot t_3 - \frac{1}{6} C_e \omega_{max1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3 + \frac{1}{2} R_{я} \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right) - \frac{L_{я} J}{C_M} \omega_{max1}^{(3)} \cdot \frac{t_1^2}{t_3}; \\ [U_{доп} + C_e \omega_{max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{1}{2} R_{я} \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right)] \cdot t_3 - C_e \left[\frac{1}{6} \omega_{max1}^{(3)} \cdot t_1^2 - \omega_{max}^{(1)} \right] \cdot t_3^2 - \frac{L_{я} J}{C_M} \omega_{max1}^{(3)} \cdot t_1^2 &= 0. \end{aligned}$$

Так как $\omega_{max1}^{(3)} \cdot t_1^2 = \omega_{max}^{(1)}$, то

$$\begin{aligned} t_3^2 + \frac{6}{5} \cdot \frac{U_{доп} + C_e \omega_{max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{1}{2} R_{я} \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right)}{C_e \omega_{max}^{(1)}} \cdot t_3 + \frac{6}{5} \cdot \frac{L_{я} J}{C_e C_M} &= 0. \\ t_3 &= -\frac{3}{5} \cdot \frac{U_{доп} + C_e \omega_{max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{1}{2} R_{я} \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right)}{C_e \omega_{max}^{(1)}} + \sqrt{\left[\frac{3}{5} \cdot \frac{U_{доп} + C_e \omega_{max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{1}{2} R_{я} \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right)}{C_e \omega_{max}^{(1)}} \right]^2 + \frac{6}{5} \cdot \frac{L_{я} J}{C_e C_M}}. \end{aligned}$$

В данном случае справедливы соотношения

Так как $U_6 = -U_{доп}$, то

$$-U_{доп} = C_e \omega_{max} - \frac{1}{6} C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \left[M_{co} - \frac{1}{2} J \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right] - \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5.$$

Так как $U_8 = U_{доп}$, то

$$\begin{aligned} U_{доп} &= C_e \omega_{max} - C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7) + \\ &+ \frac{1}{6} C_e \omega_{max4}^{(3)} \cdot t_7^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \left[M_{co} - J \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{max4}^{(3)} \cdot t_7^2 \right] + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{max4}^{(3)} \cdot t_7. \end{aligned}$$

Так как $\omega_9^{(1)} = 0$, то

$$-\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 = 0.$$

Так как $\omega_9 =$, то

$$\omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 = 0.$$

Из этих соотношений следует

$$\omega_{\max 4}^{(3)} = \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot \frac{t_5^2}{t_7}.$$

$$\omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 t_7 = 0.$$

$$\omega_{\max} = \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_7).$$

$$\omega_{\max 3}^{(3)} = \frac{\omega_{\max}}{t_5^3 + t_5^2 t_7}.$$

$$\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_{\max} + \frac{R_{\text{я}} M_{\text{с0}}}{C_e C_M} \right) - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot \left(\frac{1}{6} t_5^3 + \frac{1}{2} \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot t_5^2 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot t_5 \right) = 0;$$

$$\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + \omega_{\max} + \frac{R_{\text{я}} M_{\text{с0}}}{C_e C_M} \right) = \omega_{\max} \cdot \frac{\frac{1}{6} t_5^3 + \frac{1}{2} \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot t_5^2 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot t_5}{(t_5 + t_7) \cdot t_5}.$$

$$\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} - \frac{R_{\text{я}} M_{\text{с0}}}{C_e C_M} \right) - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot \left(\frac{1}{6} t_5^2 t_7 - \frac{1}{2} \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot t_5^2 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot \frac{t_5^2}{t_7} \right) = 0;$$

$$\left(\frac{U_{\text{доп}}}{C_e} - \frac{R_{\text{я}} M_{\text{с0}}}{C_e C_M} \right) = \omega_{\max} \cdot \frac{\frac{1}{6} t_5^2 t_7 - \frac{1}{2} \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot t_5^2 + \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot \frac{t_5^2}{t_7}}{(t_5 + t_7) \cdot t_7}.$$

Если $I_{\min} = -I_{\text{доп}}$, то $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.2}}$.

В данной статье рассматривается электропривод имеющий следующие параметры: $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$; $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$; $L_{\text{я}} = 0,1 \text{ Гн}$; $JJ = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. На контролируемые координаты электропривода наложены ограничения: $U_{\text{доп}} = 250 \text{ В}$; $I_{\text{доп}} = 8 \text{ А}$. Момент сопротивления электропривода $M_{\text{с0}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

$$t_1 = 1,818495 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 1}^{(3)} = 30239581,57 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4};$$

$$\omega_1 = 0,03030825 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_2 = 0,1818495 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_2^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}.$$

Если $I_{\min} = -8 \text{ А}$, то

$$\omega_{\min}^{(1)} = -300 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 4,620517 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 14052063,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4};$$

$$t_5 = 4,932705 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 2,8659666 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 12329656,23 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4};$$

$$t_3 = 1,410671 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 50251441,4 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 2,842455417 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_3 = 2,724899501 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,0254305 \text{ с}; \omega_6 = 2,61933135 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\omega_7 = 1,386155101 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,23102585 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,050995276 \text{ с}.$$

$$\varphi_1 = 1,377884988748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929039038 \cdot 10^{-4} \text{ рад};$$

$$\varphi_3 = 3,715295248 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_4 = 4,108809668 \cdot 10^{-2} \text{ рад};$$

$$\varphi_5 = 4,512274047 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_6 = 5,895556839 \cdot 10^{-2} \text{ рад};$$

$$\varphi_7 = 6,913865762 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_8 = 7,260789838 \cdot 10^{-2} \text{ рад};$$

$$\varphi_9 = 7,287476305 \cdot 10^{-2} \text{ рад}.$$

Если $I_{\min} = -7 \text{ А}$, то

$$\omega_{\min}^{(1)} = -275 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 4,275912 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 15040942,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4};$$

$$\begin{aligned}
 t_5 &= 4,485134 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 2,40928785 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 13670418,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_3 &= 1,4135166 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 50049314,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 2,385729236 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_3 &= 2,267936181 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,02086086 \text{ с}; \omega_6 = 2,2037192 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_7 &= 1,175875958 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,1959793263 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,044846983 \text{ с}. \\
 \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\
 \varphi_3 &= 2,574523031 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_4 = 2,2904257223 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_5 &= 3,243981563 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_6 = 4,301529407384 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_7 &= 5,082476363 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_8 = 5,3548232644 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_9 &= 5,375773026 \cdot 10^{-2} \text{ рад}.
 \end{aligned}$$

Если $I_{\min} = -6 \text{ А}$, то

$$\begin{aligned}
 \omega_{\min}^{(1)} &= -250 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 3,924714 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 16230197,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_5 &= 4,044005 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 1,992178 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 15286800,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_3 &= 1,4161261 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 49865037,3 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 1,96857789 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_3 &= 1,850567389 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,0166871789 \text{ с}; \omega_6 = 1,8236797801 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_7 &= 0,98117868 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,16352978 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,03909386 \text{ с}. \\
 \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\
 \varphi_3 &= 1,7450556013 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_4 = 1,9863107553 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_5 &= 2,267592975 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_6 = 3,0561962185 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_7 &= 3,6403747312 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_8 = 3,8489622475 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_9 &= 3,86500744106 \cdot 10^{-2} \text{ рад}.
 \end{aligned}$$

Если $I_{\min} = -5 \text{ А}$, то

$$\begin{aligned}
 \omega_{\min}^{(1)} &= -225 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 3,566718096 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 17686624,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_5 &= 3,609397 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 1,6146260 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 17270824,9 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_3 &= 1,4184964 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 49698527,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 1,5909844 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_3 &= 1,47277637 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,0129092681 \text{ с}; \omega_6 = 1,479273611 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_7 &= 0,8025115716 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,133751928 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,0337354828 \text{ с}. \\
 \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\
 \varphi_3 &= 1,0872909 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_4 = 1,30542597 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_5 &= 1,533621703 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_6 = 2,1041909057 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_7 &= 2,5281979135 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_8 = 2,68324092636 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_9 &= 2,695167312 \cdot 10^{-2} \text{ рад}.
 \end{aligned}$$

Если $I_{\min} = -4 \text{ А}$, то

$$\begin{aligned}
 \omega_{\min}^{(1)} &= -200 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 3,20170849 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 19510411,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_5 &= 3,18137983 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 1,27661766 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 19760546,3 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_3 &= 1,4206252 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 49549694,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 1,252940578 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_3 &= 1,13455514 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,0095270565 \text{ с}; \omega_6 = 1,17057167 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_7 &= 0,640341698 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,106723616 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,028771473 \text{ с}. \\
 \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\
 \varphi_3 &= 6,463634601 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_4 = 8,1679119438 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\
 \varphi_5 &= 9,97309808 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_6 = 1,39501606296 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_7 &= 1,69151054126 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_8 = 1,80256236149 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_9 &= 1,8111048092 \cdot 10^{-2} \text{ рад}.
 \end{aligned}$$

Если $I_{\min} = -3 \text{ А}$, то

$$\begin{aligned}
 \omega_{\min}^{(1)} &= -175 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 2,82946214 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 21858999,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_5 &= 2,76001215 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 0,97815800 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 22972912,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_3 &= 1,4225102 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 49418461,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 0,954449497 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_3 &= 0,83590698 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,00654057483 \text{ с}; \omega_6 = 0,89765764 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_7 &= 0,495155875 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,082525979 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,0242015337 \text{ с}. \\
 \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\
 \varphi_3 &= 3,521260099 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_4 = 4,803091676 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\
 \varphi_5 &= 6,1861000168 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_6 = 8,8302824933 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\
 \varphi_7 &= 1,0807919102 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \varphi_8 = 1,15668075367 \cdot 10^{-2} \text{ рад}; \\
 \varphi_9 &= 1,162518357013 \cdot 10^{-2} \text{ рад}.
 \end{aligned}$$

Если $I_{\min} = -2 \text{ А}$, то

$$\begin{aligned}
 \omega_{\min}^{(1)} &= -150 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 2,449745057 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 24994789,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_5 &= 2,34534605 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 0,71926366 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 27269513,9 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_3 &= 1,4241494 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 49304765,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 0,69552784 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_3 &= 0,5768487265 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,0039499923 \text{ с}; \omega_6 = 0,660630014 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\
 \omega_7 &= 0,3674617586 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,061243626 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,0200254632 \text{ с}. \\
 \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\
 \varphi_3 &= 1,691329966 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_4 = 2,605807966 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\
 \varphi_5 &= 3,6216960412 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_6 = 5,2742391879 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\
 \varphi_7 &= 6,514233727 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_8 = 7,00183535915 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\
 \varphi_9 &= 7,039343176947 \cdot 10^{-3} \text{ рад}.
 \end{aligned}$$

Если $I_{\min} = -1 \text{ А}$, то

$$\begin{aligned}
 \omega_{\min}^{(1)} &= -125 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 2,062312406 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 29390102,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_5 &= 1,937425007 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 0,4999672 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 33301225 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\
 t_3 &= 1,425540829 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 49208562,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 0,47620816 \frac{\text{рад}}{\text{с}};
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_3 &= 0,357413093 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; t_2 = 0,0017556359 \text{ с}; \omega_6 = 0,459604155 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\ \omega_7 &= 0,2577890508 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_8 = 0,042964841 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,0162431824 \text{ с}. \\ \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\ \varphi_3 &= 6,662782977 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \varphi_4 = 1,268926227634 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\ \varphi_5 &= 1,9731824904 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_6 = 2,9222813196 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\ \varphi_7 &= 3,63677917029 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_8 = 3,924751680833 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\ \varphi_9 &= 3,9469034124137 \cdot 10^{-3} \text{ рад}. \end{aligned}$$

Если $I_{\min} = 0,06453188256535 \text{ А}$, то

$$\begin{aligned} \omega_{\min}^{(1)} &= -98,386703 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_7 = 1,7878359 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 4}^{(3)} = 31285614,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\ t_5 &= 1,5105275 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max} = 0,3245151 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_{\max 3}^{(3)} = 43827099 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \\ t_3 &= 1,4266827 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \omega_{\max 2}^{(3)} = 49131663,14 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \omega_4 = 0,29654122 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\ t_2 &= 0 \text{ с}; \omega_6 = 0,294714518 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \omega_7 = 0,166690786 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \\ \omega_8 &= 0,0277817977 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; T_{\text{ц}} = 0,0112991929 \text{ с}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 1,37788498748 \cdot 10^{-5} \text{ рад}; \varphi_2 = 1,929038982 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \varphi_4 = 5,45627328 \cdot 10^{-4} \text{ рад}; \\ \varphi_5 &= 1,000118125 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_6 = 1,4808000533 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\ \varphi_7 &= 1,847397314 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \varphi_8 = 2,0110198254 \cdot 10^{-3} \text{ рад}; \\ \varphi_9 &= 2,0148244765 \cdot 10^{-3} \text{ рад}. \end{aligned}$$

При $t_2 = 0 \text{ с}$ ($\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}$) = $\varphi_{\text{гр.1}} = 2,0148244765 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$.

При $I_{\min} = -8 \text{ А}$ ($\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}$) = $\varphi_{\text{гр.2}} = 7,287476305 \cdot 10^{-2} \text{ рад}$.

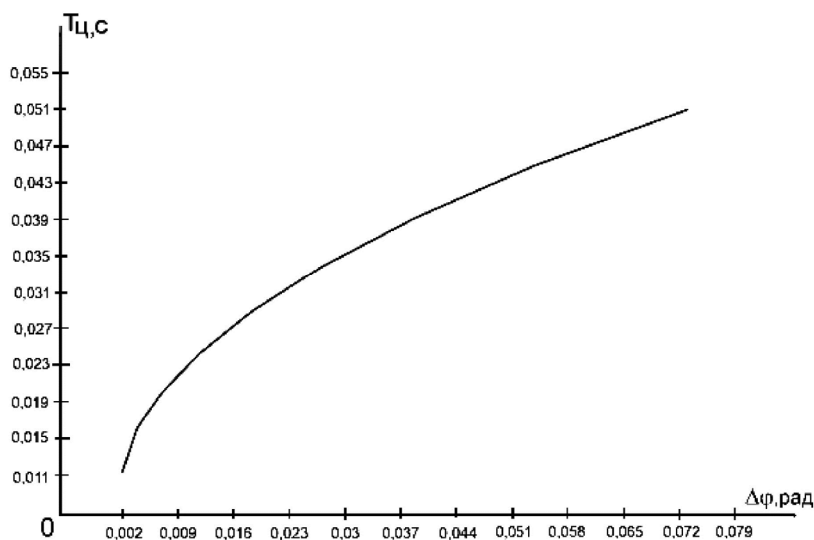


Рисунок 3 – Зависимость длительности цикла $T_{\text{ц}}$ от заданного перемещения исполнительного органа особо точного электропривода $\Delta\varphi = (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$

Выводы

В результате разработан алгоритм, позволяющий определить параметры близкой к оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа особо точного электропривода. Установлена область существования диаграммы.

Литература

1. Близкие к оптимальным по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода: монография / Ю.П. Добробаба [и др.]; ФГБОУ ВО «КубГТУ» – Краснодар : Издательский Дом – ЮГ, 2021. – 98 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.
3. Добробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чернуха М.В. Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению и максимальному значению тока // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 374–385.
4. Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению и максимальному и минимальному значениям тока / Ю.П. Добробаба [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 52–63.
5. Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода при ограничениях по напряжению и максимальному и минимальному значениям тока и скорости / Ю.П. Добробаба [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 82–95.

References

1. The close to optimal diagram of the motion of the actuator: monograph / Yu.P. Dobrobaba [et al.]; Kuban State Technological University. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – 98 p.
2. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Chernukha M.V. The close to optimal diagram of the motion of the actuator under the voltage limit // Science. Engineering. Technology. (polytechnical bulletin). – 2020. – № 1. – P. 404–413.
3. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Chernukha M.V. The diagram is close to the optimum in terms of speed actuator movement diagram at voltage limits and maximum current value // Science. Engineering. Technology. (polytechnical bulletin). – 2020. – № 4. – P. 374–385.
4. 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 / Yu.P. Dobrobaba [et al.] // Science. Engineering. Technology. (polytechnical bulletin). – 2021. – № 2. – P. 52–63.
5. The diagram is close to the optimum in terms of speed actuator movement diagram at voltage limits, maximum and minimum current and speed / Yu.P. Dobrobaba [et al.] // Science. Engineering. Technology. (polytechnical bulletin). – 2021. – № 1. – P. 82–95.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОПТИМАЛЬНОГО ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ПРИ БОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА**



**INVESTIGATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS
OF AN ELECTRIC DRIVE OPTIMAL IN TERMS OF SPEED
WITH LARGE MOVEMENTS OF ITS EXECUTIVE BODY**

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

Пшеничнов Евгений Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Асланян Ярослав Вадимович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Предложена оптимальная по быстродействию диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода (с ограничениями по максимальному и минимальному значениям тока, скорости и её второй производной). Диаграмма состоит из семи этапов. Определены аналитические зависимости для определения параметров диаграммы при больших перемещениях исполнительного органа электропривода.

Ключевые слова: оптимальная по быстродействию диаграмма, параметры диаграммы, граничное значение угла поворота.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor, Associate Professor
of the 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

Pshenichnov Evgeny Aleksandrovich

Student,
Kuban State Technological University

Aslanyan Yaroslav Vadimovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. An optimal performance diagram is proposed for large displacements of the actuator (with restrictions on the maximum and minimum values of current, speed and its second derivative). The diagram consists of seven stages. The analytical dependences for determining the parameters of the diagram for large movements of the executive body of the electric drive are determined.

Keywords: optimal performance diagram, diagram parameters, boundary value of the rotation angle.

В настоящее время известна оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода с ограничениями по скорости и её первой и второй производным (используется при больших перемещениях) [1]. Достоинства такой диаграммы – простота определения параметров диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода и инвариантность к изменению момента сопротивления электропривода. Однако при движении электропривода в соответствии с известной диаграммой перемещения его исполнительного органа время цикла значительно превышает свое минимально возможное значение.

В данной статье исследуются динамические характеристики оптимального по быстродействию электропривода (с ограничениями по максимальному и минимальному значениям тока, скорости и её второй производной) при больших перемещениях его исполнительного органа.

На рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода (механические координаты). На рисунке приняты следующие обозначения:

φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, рад/с;

- $\omega^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;
- t – время, с;
- $\varphi_{нач}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- $\varphi_{кон}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- $\omega_{доп}$ – допустимое значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с;
- $\omega_{max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega_{min}^{(1)}$ – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega_{доп}^{(2)}$ – допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;
- t_1 – длительность первого и третьего этапов, с;
- t_2 – длительность второго этапа, с;
- t_3 – длительность четвёртого этапа, с;
- t_4 – длительность пятого и седьмого этапов, с;
- t_5 – длительность шестого этапа, с.

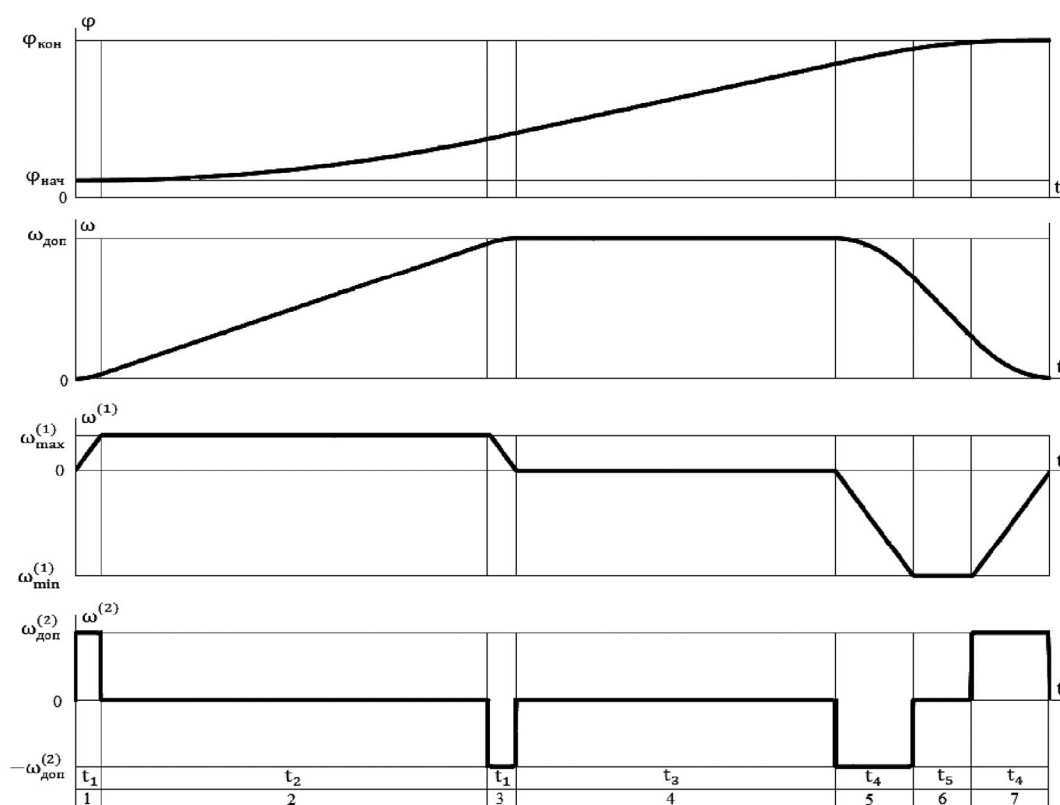


Рисунок 1 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода (механические координаты)

На рисунке 2 представлены оптимальная по быстродействию диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода (электрические координаты).

На рисунке приняты следующие обозначения:

U – напряжение, приложенное к якорной цепи электропривода, В;

$I_{я}$ – ток якорной цепи электропривода, А;
 $U_{доп}$ – допустимое значение напряжения, приложенного к якорной цепи электропривода, В;
 $R_{я}$ – сопротивление якорной цепи электропривода, Ом;
 $I_{доп}$ – допустимое значение тока якорной цепи электропривода, А;
 C_M – коэффициент пропорциональности между током и моментом двигателя, В·с;
 $M_{со}$ – момент сопротивления электропривода, Н·м.



Рисунок 2 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода (электрические координаты)

Для данного электропривода справедливо соотношения:

$$\begin{aligned}
 C_M I_{доп} &= M_{со} + J \omega_{\max}^{(1)}; \\
 -C_M I_{доп} &= M_{со} + J \omega_{\min}^{(1)}; \\
 \omega_{\max}^{(1)} &= \omega_{доп}^{(2)} \cdot t_1; \\
 \omega_{\min}^{(1)} &= -\omega_{доп}^{(2)} \cdot t_4; \\
 \omega_{доп} &= \omega_{\max}^{(1)} \cdot (t_1 + t_2); \\
 \omega_{доп} &= -\omega_{\min}^{(1)} \cdot (t_4 + t_5); \\
 (\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) &= \omega_{доп} \cdot \left(t_1 + \frac{1}{2} \cdot t_2 + t_3 + t_4 + \frac{1}{2} \cdot t_5 \right); \\
 T_{ц} &= 2t_1 + t_2 + t_3 + 2t_4 + t_5,
 \end{aligned}$$

где J – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг·м²;
 $T_{ц}$ – время цикла, с.

Из данных соотношений определяется параметры оптимальной по быстродействию диаграммы при больших перемещениях исполнительного органа электропривода:

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

$$\begin{aligned} \omega_{\min}^{(1)} &= -\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J}; \\ t_1 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_2 &= \frac{J \omega_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}} - \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_3 &= \frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{J \omega_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{J \omega_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_4 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_5 &= \frac{J \omega_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}} - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ T_{\text{ц}} &= \frac{\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}}{\omega_{\text{доп}}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{J \omega_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} + \\ &+ \frac{1}{2} \cdot \frac{J \omega_{\text{доп}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}. \end{aligned}$$

Если $t_3 = 0$, то $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.3}}$. При этом третье граничное значение угла поворота исполнительного органа электропривода определяется по формуле

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

Предлагаемая диаграмма перемещения применима при выполнении условия $\varphi_{\text{гр.3}} \leq (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$.

В работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры: $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$; $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$; $L_{\text{я}} = 0,1 \text{ Гн}$; $J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, где C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью электродвигателя и его ЭДС, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $L_{\text{я}}$ – индуктивность якорной цепи электропривода, Гн.

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 равен $M_{\text{CO}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

При этом вторая производная угловой скорости электродвигателя равна $\omega_{\text{доп}}^{(2)} = 1000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$.

В работе выполнены численные эксперименты, результаты которых представлены в таблицах № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, с целью доказать эффективность предлагаемой диаграммы для больших перемещений исполнительного органа электропривода при различных значениях момента сопротивления.

Если $M_{\text{CO}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, то $\varphi_{\text{гр.3}} = 202 \frac{2}{3} \text{ рад}$.

Таблица 1 – Результаты первого численного эксперимента

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}), \text{ рад}$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$t_3, \text{ с}$	$t_4, \text{ с}$	$t_5, \text{ с}$	$T_{\text{ц}}, \text{ с}$
$202 \frac{2}{3}$	0,1	1,5	0	0,3	$\frac{7}{30}$	$2 \frac{8}{15}$
400	0,1	1,5	$1 \frac{7}{30}$	0,3	$\frac{7}{30}$	$3 \frac{23}{30}$

Если $M_{\text{CO}} = 3,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$, то $\varphi_{\text{гр.3}} = 180 \frac{52}{55} \text{ рад}$.

Таблица 2 – Результаты второго численного эксперимента

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$, рад	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_4 , с	t_5 , с	$T_{\text{ц}}$, с
$180 \frac{52}{55}$	0,125	1,155	0	0,275	$\frac{27}{88}$	$2 \frac{72}{275}$
400	0,125	1,155	$1 \frac{203}{550}$	0,275	$\frac{27}{88}$	$3 \frac{347}{550}$

Если $M_{\text{CO}} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, то $\varphi_{\text{гр.3}} = 168 \frac{8}{15}$ рад.

Таблица 3 – Результаты третьего численного эксперимента

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$, рад	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_4 , с	t_5 , с	$T_{\text{ц}}$, с
$168 \frac{8}{15}$	0,15	$\frac{11}{12}$	0	0,25	0,39	$2 \frac{8}{75}$
400	0,15	$\frac{11}{12}$	$1 \frac{67}{150}$	0,25	0,39	$3 \frac{83}{150}$

Если $M_{\text{CO}} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$, то $\varphi_{\text{гр.3}} = 162 \frac{2}{63}$ рад.

Таблица 4 – Результаты четвертого численного эксперимента

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$, рад	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_4 , с	t_5 , с	$T_{\text{ц}}$, с
$162 \frac{2}{63}$	0,175	$\frac{207}{280}$	0	0,225	$\frac{35}{72}$	$2 \frac{8}{315}$
400	0,175	$\frac{207}{280}$	$1 \frac{307}{630}$	0,225	$\frac{35}{72}$	$3 \frac{323}{630}$

Если $M_{\text{CO}} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$, то $\varphi_{\text{гр.3}} = 160$ рад.

Таблица 5 – Результаты пятого численного эксперимента

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$, рад	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	t_4 , с	t_5 , с	$T_{\text{ц}}$, с
160	0,2	0,6	0	0,2	0,6	2
400	0,2	0,6	1,5	0,2	0,6	3,5

На рисунке 3 на основании проведенных численных экспериментов построены зависимости длительности цикла $T_{\text{ц}}$ от заданного перемещения исполнительного органа электропривода $\Delta\varphi = (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$.

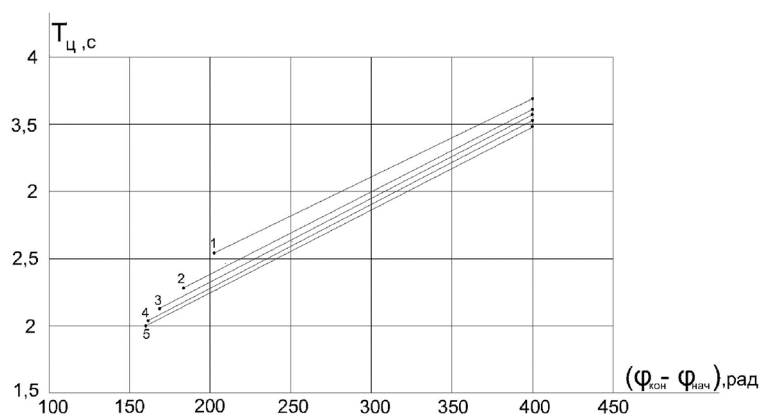


Рисунок 3 – Зависимость длительности цикла $T_{\text{ц}}$ от заданного перемещения исполнительного органа электропривода $\Delta\varphi = (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$: 1) для $M_{\text{CO}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 2) для $M_{\text{CO}} = 3,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 3) для $M_{\text{CO}} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 4) для $M_{\text{CO}} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 5) для $M_{\text{CO}} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Выводы

При перемещении исполнительного органа рассматриваемого электропривода на 400 радиан в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой с ограничениями по скорости и её первой и второй производных затрачивается 4,2 секунды [1]. При уменьшении момента сопротивления электропривода длительность цикла остается постоянной [1].

При перемещении исполнительного органа электропривода на 400 радиан в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой с ограничениями по максимальному и минимальному значениям тока, скорости и её второй производной при номинальной нагрузке $M_{CO} = 5$ Н·м время цикла уменьшается по сравнению с типовым решением на 13/30 секунды. При уменьшении момента сопротивления электропривода по сравнению с номинальным достигается дополнительное уменьшение времени цикла $T_{ц}$.

Литература

1. Дობробаба Ю.П., Хорцев А.Л. Особо точный позиционный электропривод постоянного тока: монография. – Краснодар : Изд-во ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2014. – 104 с.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Khortsev A.L. Particularly accurate positional direct current electric drive: monograph. – Krasnodar : Publishing house of FGBOU VO «KubGTU», 2014. – 104 p.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОПТИМАЛЬНОГО ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ПРИ СРЕДНИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА**



**INVESTIGATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS
OF AN ELECTRIC DRIVE OPTIMAL IN TERMS OF SPEED
WITH AVERAGE MOVEMENTS OF ITS EXECUTIVE BODY**

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

Пшеничнов Евгений Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Асланян Ярослав Вадимович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Предложена оптимальная по быстродействию диаграмма при средних перемещениях исполнительного органа электропривода (с ограничениями по максимальному и минимальному значениям тока, второй производной скорости). Диаграмма состоит из пяти этапов. Определены аналитические зависимости для определения параметров диаграммы при средних перемещениях исполнительного органа электропривода.

Ключевые слова: оптимальная по быстродействию диаграмма, параметры диаграммы, граничное значение угла поворота.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor, Associate Professor
of the 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

Pshenichnov Evgeny Aleksandrovich

Student,
Kuban State Technological University

Aslanyan Yaroslav Vadimovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. An optimal performance diagram is proposed for average displacements of the actuator (with restrictions on the maximum and minimum values of current, second derivative of speed). The diagram consists of seven stages. The analytical dependences for determining the parameters of the diagram for large movements of the executive body of the electric drive are determined.

Keywords: optimal performance diagram, diagram parameters, boundary value of the rotation angle.

В настоящее время в промышленности широкое применение находит оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода с ограничениями по первой и второй производным скорости (используется при средних перемещениях) [1]. Такая диаграмма имеет следующие достоинства: простота определения параметров диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода и инвариантность к изменению момента сопротивления электропривода. Однако при движении электропривода в соответствии с известной диаграммой перемещения его исполнительного органа время цикла значительно превышает свое минимально возможное значение.

В данной статье исследуются динамические характеристики оптимального по быстродействию электропривода (с ограничениями по максимальному и минимальному значениям тока и второй производной скорости) при средних перемещениях его исполнительного органа.

На рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма при средних перемещениях исполнительного органа электропривода (механические координаты). На рисунке приняты следующие обозначения:

φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, рад/с;

- $\omega^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
 $\omega^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;
 t – время, с;
 $\varphi_{нач}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
 $\varphi_{кон}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
 ω_{max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с;
 $\omega_{max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
 $\omega_{min}^{(1)}$ – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
 $\omega_{доп}^{(2)}$ – допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;
 t_1 – длительность первого и части третьего этапов, с;
 t_2 – длительность второго этапа, с;
 t_4 – длительность частитретьего и пятогоэтапов, с;
 t_5 – длительность четвертогоэтапа, с.

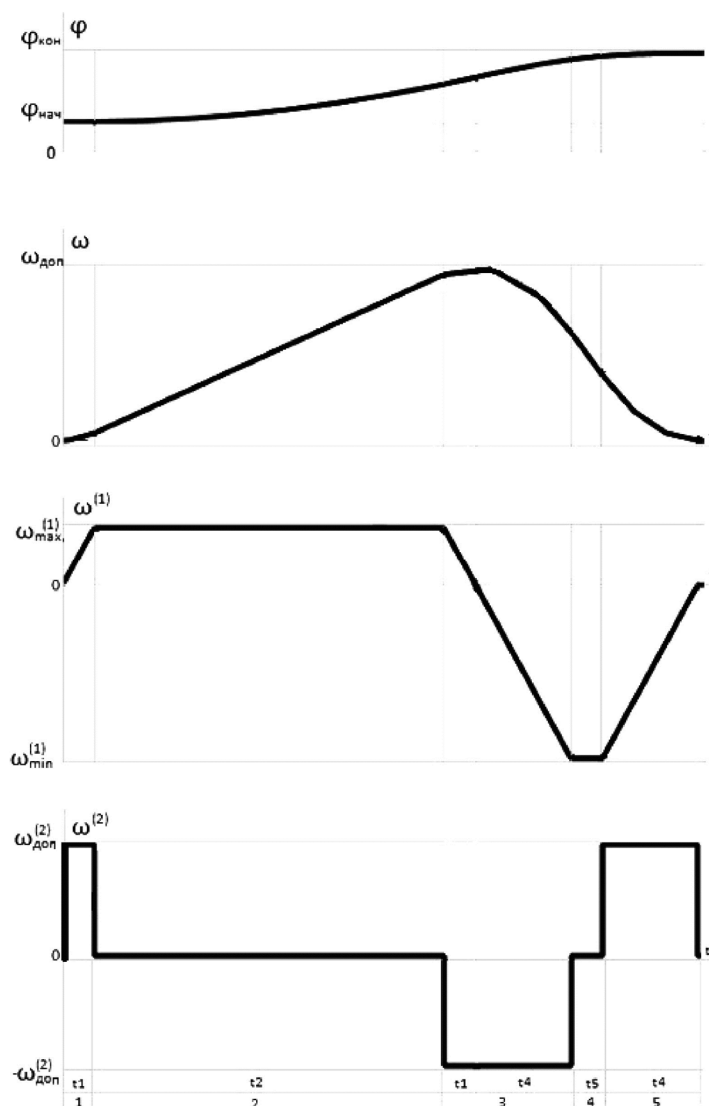


Рисунок 1 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при средних перемещениях исполнительного органа электропривода (механические координаты)

На рисунке 2 представлены оптимальная по быстродействию диаграмма при средних перемещениях исполнительного органа электропривода (электрические координаты).

На рисунке приняты следующие обозначения:

U – напряжение, приложенное к якорной цепи электропривода, В;

$I_{я}$ – ток якорной цепи электропривода, А;

$U_{доп}$ – допустимое значение напряжения, приложенного к якорной цепи электропривода, В;

$R_{я}$ – сопротивление якорной цепи электропривода, Ом;

$I_{доп}$ – допустимое значение тока якорной цепи электропривода, А;

C_M – коэффициент пропорциональности между током и моментом двигателя, В·с;

$M_{со}$ – момент сопротивления электропривода, Н·м.

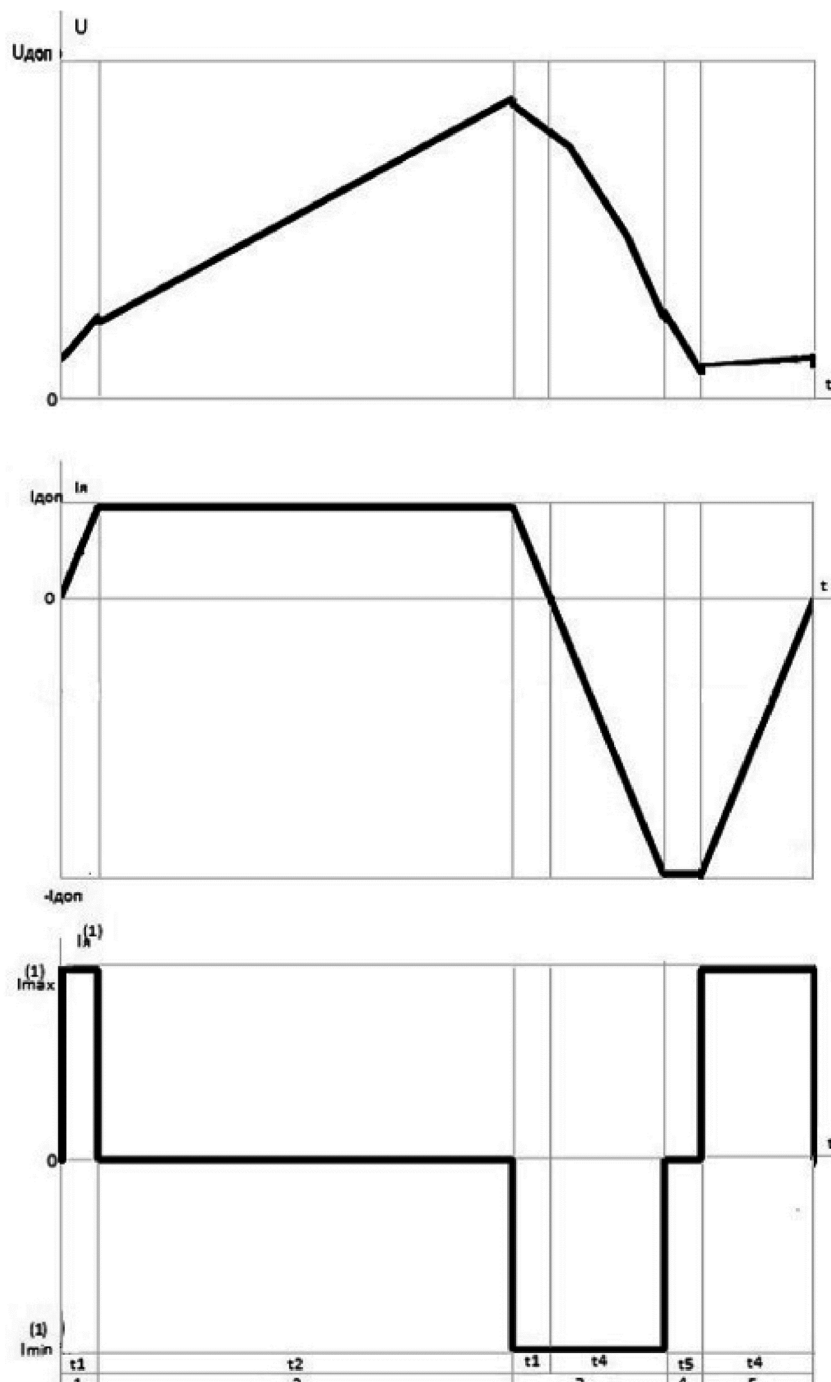


Рисунок 2 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при средних перемещениях исполнительного органа электропривода (электрические координаты)

Для данного электропривода справедливо соотношение:

$$\begin{aligned} C_M I_{\text{доп}} &= M_{\text{со}} + J \omega_{\text{max}}^{(1)}; \\ -C_M I_{\text{доп}} &= M_{\text{со}} + J \omega_{\text{min}}^{(1)}; \\ \omega_{\text{max}}^{(1)} &= \omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot t_1; \\ \omega_{\text{min}}^{(1)} &= -\omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot t_4; \\ \omega_{\text{max}} &= \omega_{\text{max}}^{(1)} \cdot (t_1 + t_2); \\ \omega_{\text{max}} &= -\omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot (t_4 + t_5); \\ (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) &= \omega_{\text{max}} \cdot \left(t_1 + \frac{1}{2} \cdot t_2 + t_4 + \frac{1}{2} \cdot t_5 \right); \\ T_{\text{ц}} &= 2t_1 + t_2 + 2t_4 + t_5. \end{aligned}$$

где J – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг·м²;
 $T_{\text{ц}}$ – время цикла, с.

Из данных соотношений определяется параметры оптимальной по быстродействию диаграммы при средних перемещениях исполнительного органа электропривода:

$$\begin{aligned} \omega_{\text{max}}^{(1)} &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J}; \\ \omega_{\text{min}}^{(1)} &= -\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J}; \\ t_1 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_2 &= \sqrt{\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} \cdot \frac{J(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{C_M I_{\text{доп}}} + \frac{(C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}})^2}{4J^2 \cdot [\omega_{\text{доп}}^{(2)}]^2}} - \frac{3C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{2J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}}; \\ t_4 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_5 &= \sqrt{\frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} \cdot \frac{J(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{C_M I_{\text{доп}}} + \frac{(C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}})^2}{4J^2 \cdot [\omega_{\text{доп}}^{(2)}]^2}} - \frac{3C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{2J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}}; \\ \omega_{\text{max}} &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J} \times \left\{ \sqrt{\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} \cdot \frac{J(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{C_M I_{\text{доп}}} + \frac{(C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}})^2}{4J^2 \cdot [\omega_{\text{доп}}^{(2)}]^2}} - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{2J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}} \right\}. \end{aligned}$$

Если $t_5 = 0$, то $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.2}}$. При этом второе граничное значение угла поворота исполнительного органа электропривода определяется по формуле

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

Если $\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{доп}}$, то $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.3}}$. При этом третье граничное значение угла поворота исполнительного органа электропривода определяется по формуле

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

Или

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

Предлагаемая диаграмма перемещения применима при выполнении условия $\varphi_{гр.2} \leq (\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) \leq \varphi_{гр.3}$.

В работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры: $C_e = 1,25 \frac{В \cdot с}{рад}$; $C_M = 1,25 В \cdot с$; $R_{я} = 5 Ом$; $L_{я} = 0,1 Гн$; $J = 0,05 кг \cdot м^2$, где C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью электродвигателя и его ЭДС, $\frac{В \cdot с}{рад}$; $L_{я}$ – индуктивность якорной цепи электропривода, Гн;

На контролируемые координаты электропривода наложены ограничения: $U_{доп} = 250 В$; $I_{доп} = 8 А$; $\omega_{доп} = 160 \frac{рад}{с}$.

Момент сопротивления равен $M_{CO} = 5 Н \cdot м$.

При этом вторая производная угловой скорости электродвигателя равна $\omega_{доп}^{(2)} = 1000 \frac{рад}{с^3}$.

В работе выполнены численные эксперименты, результаты которых представлены в таблицах № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, с целью доказать эффективность предлагаемой диаграммы для средних перемещений исполнительного органа электропривода при различных значениях момента сопротивления.

При $M_{CO} = 5 Н \cdot м$, $\varphi_{гр.2} = 72 рад$ и $\varphi_{гр.3} = 202 \frac{2}{3} рад$.

Таблица 1 – Результаты первого численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), рад$	$t_2, с$	$t_5, с$	$T_{ц}, с$	$\omega_{max}, \frac{рад}{с}$
72	0,8	0	1,6	90
$86 \frac{2}{3}$	0,9	$\frac{1}{30}$	$1 \frac{11}{15}$	100
$102 \frac{2}{3}$	1	$\frac{1}{15}$	$1 \frac{13}{15}$	110
120	1,1	0,1	2	120
$138 \frac{2}{3}$	1,2	$\frac{2}{15}$	$2 \frac{2}{15}$	130
$158 \frac{2}{3}$	1,3	$\frac{1}{6}$	$2 \frac{4}{15}$	140
180	1,4	0,2	2,4	150
$202 \frac{2}{3}$	1,5	$\frac{7}{30}$	$2 \frac{8}{15}$	160

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 100 \frac{рад}{с^2}; \omega_{min}^{(1)} = -300 \frac{рад}{с^2}; t_1 = 0,1 с; t_4 = 0,3 с$$

При $M_{CO} = 3,75 Н \cdot м$, $\varphi_{гр.2} = 48,4 рад$ и $\varphi_{гр.3} = 180 \frac{52}{55} рад$.

Таблица 2 – Результаты второго численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), рад$	$t_2, с$	$t_5, с$	$T_{ц}, с$	$\omega_{max}, \frac{рад}{с}$
48,4	0,48	0	1,28	75,625
64,35	0,59	0,05	1,44	89,375
82,5	0,7	0,1	1,6	103,125
102,85	0,81	0,15	1,76	116,875
125,4	0,92	0,2	1,92	130,625
150,15	1,03	0,25	2,08	144,375
177,1	1,14	0,3	2,24	158,125
$180 \frac{52}{55}$	1,155	$\frac{27}{88}$	$2 \frac{72}{275}$	160

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 125 \frac{рад}{с^2}; \omega_{min}^{(1)} = -275 \frac{рад}{с^2}; t_1 = 0,125 с; t_4 = 0,275 с.$$

При $M_{C0} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.2} = 33\frac{1}{3}$ рад и $\varphi_{гр.3} = 168\frac{8}{15}$ рад.

Таблица 3 – Результаты третьего численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_2, \text{ с}$	$t_5, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
$33\frac{1}{3}$	$\frac{4}{15}$	0	$1\frac{2}{30}$	62,5
45	0,35	0,05	1,2	75
61,2	0,45	0,11	1,36	90
79,8	0,55	0,17	1,52	105
100,8	0,65	0,23	1,68	120
124,2	0,75	0,29	1,84	135
150	0,85	0,35	2	150
$168\frac{8}{15}$	$\frac{11}{12}$	0,39	$2\frac{8}{75}$	160

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 150 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \omega_{min}^{(1)} = -250 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,15 \text{ с}; t_4 = 0,25 \text{ с}.$$

При $M_{C0} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.2} = 23\frac{1}{7}$ рад и $\varphi_{гр.3} = 160\frac{2}{63}$ рад.

Таблица 4 – Результаты четвертого численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_2, \text{ с}$	$t_5, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
$23\frac{1}{7}$	$\frac{4}{35}$	0	$\frac{32}{35}$	50,625
26,46	0,14	0,02	0,96	55,125
32,76	0,185	0,055	1,04	63
39,69	0,23	0,09	1,12	70,875
47,25	0,275	0,125	1,2	78,75
55,44	0,32	0,16	1,28	86,625
64,26	0,365	0,195	1,36	94,5
73,71	0,41	0,23	1,44	102,375
83,79	0,455	0,265	1,52	110,25
94,5	0,5	0,3	1,6	118,125
105,84	0,545	0,335	1,68	126
117,81	0,59	0,37	1,76	133,875
130,41	0,635	0,405	1,84	141,75
143,64	0,68	0,44	1,92	149,625
155	0,725	0,475	2	157,5
$160\frac{2}{63}$	$\frac{207}{280}$	$\frac{35}{72}$	$2\frac{8}{315}$	160

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 175 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \omega_{min}^{(1)} = -225 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,175 \text{ с}; t_4 = 0,225 \text{ с}.$$

При $M_{C0} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.2} = 16$ рад и $\varphi_{гр.3} = 160$ рад.

Таблица 5 – Результаты пятого численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_2, \text{ с}$	$t_5, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
16	0	0	0	40
30	0,1	0,1	1	60
48	0,2	0,2	1,2	80
70	0,3	0,3	1,4	100
96	0,4	0,4	1,6	120
126	0,5	0,5	1,8	140
160	0,6	0,6	2	160

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{\max}^{(1)} = 200 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \omega_{\min}^{(1)} = -200 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,2 \text{ с}; t_4 = 0,2 \text{ с}.$$

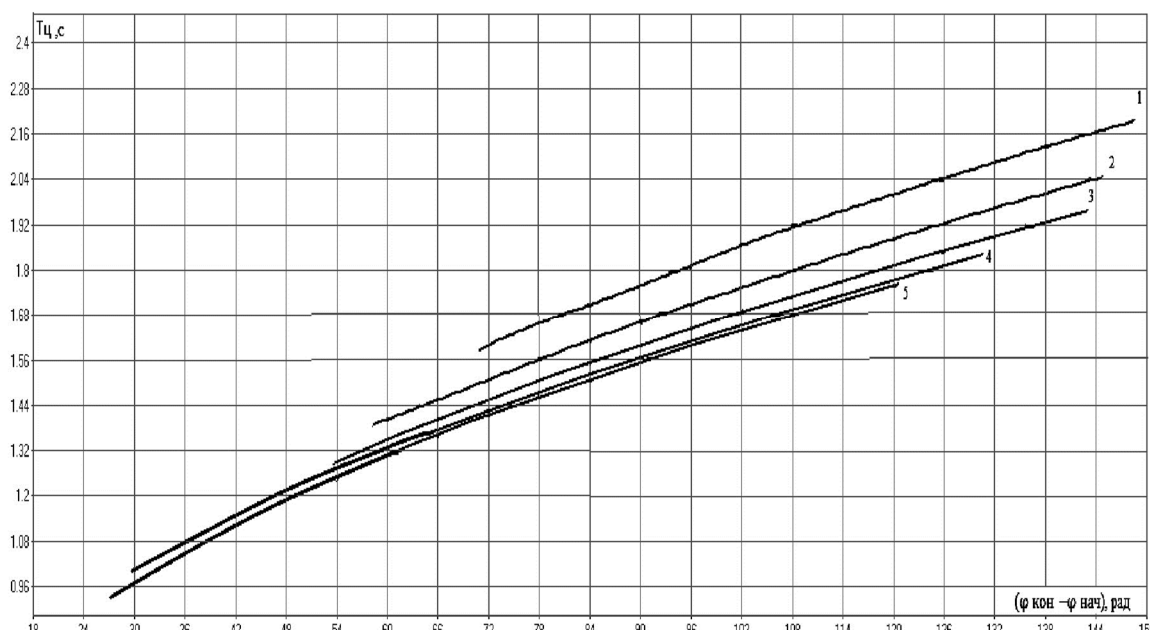


Рисунок 3 – Зависимость длительности цикла $T_{\text{ц}}$ от заданного перемещения исполнительного органа электропривода $\Delta\varphi = (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$: 1) для $M_{\text{CO}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 2) для $M_{\text{CO}} = 3,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 3) для $M_{\text{CO}} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 4) для $M_{\text{CO}} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 5) для $M_{\text{CO}} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Выводы

Электропривод осуществляет перемещение своего исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой с ограничениями по первой и второй производным скорости на 180 радиан за 2,785144316 секунд [1]. При этом уменьшения момента сопротивления электропривода длительность цикла остается постоянной [1].

При перемещении исполнительного органа электропривода на 180 радиан в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой с ограничениями по максимальному и минимальному значениям тока и второй производной скорости при номинальной загрузки $M_{\text{CO}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ время цикла уменьшается по сравнению с типовым решением на 0,385144316 секунды. При уменьшении момента сопротивления электропривода по сравнению с номинальным достигается дополнительное уменьшение времени цикла $T_{\text{ц}}$.

Литература

1. Добробаба Ю.П., Хорцев А.Л. Особо точный позиционный электропривод постоянного тока: монография. – Краснодар : Изд-во ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2014. – 104 с.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Khortsev A.L. Particularly accurate positional direct current electric drive: monograph. – Krasnodar : Publishing house of FGBOU VO «KubGTU», 2014. – 104 p.

УДК 62

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОПТИМАЛЬНОГО ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ПРИ МАЛЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА**



**INVESTIGATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS
OF AN ELECTRIC DRIVE OPTIMAL IN TERMS OF SPEED
WITH SMALL MOVEMENTS OF ITS EXECUTIVE BODY**

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

Пшеничников Евгений Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Асланян Ярослав Вадимович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Предложена оптимальная по быстродействию диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода (с ограничениями по максимальному току и второй производной скорости). Диаграмма состоит из четырех этапов. Определены аналитические зависимости для определения параметров диаграммы при больших перемещениях исполнительного органа электропривода.

Ключевые слова: оптимальная по быстродействию диаграмма, параметры диаграммы, граничное значение угла поворота.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor, Associate Professor
of the 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

Pshenichnov Evgeny Aleksandrovich

Student,
Kuban State Technological University

Aslanyan Yaroslav Vadimovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. An optimal performance diagram is proposed for large displacements of the actuator (with restrictions on the maximum current and the second derivative of the speed). The diagram consists of four stages. The analytical dependences for determining the parameters of the diagram for large movements of the executive body of the electric drive are determined.

Keywords: optimal performance diagram, diagram parameters, boundary value of the rotation angle.

В данной статье исследуются динамические характеристики оптимального по быстродействию электропривода (с ограничениями по максимальному значению тока и второй производной скорости) при малых перемещениях его исполнительного органа.

На рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма при малых перемещениях исполнительного органа электропривода (механические координаты). На рисунке приняты следующие обозначения:

φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, рад/с;

$\omega^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;

$\omega^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;

t – время, с;

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

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

ω_{max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с;

$\omega_{\text{max}}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;

$\omega_{\text{min}}^{(1)}$ – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;

$\omega_{\text{доп}}^{(2)}$ – допустимое значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;

t_1 – длительность первого и части третьего этапов, с;

t_2 – длительность второго этапа, с;

t_4 – длительность части третьего и четвертого этапов, с.

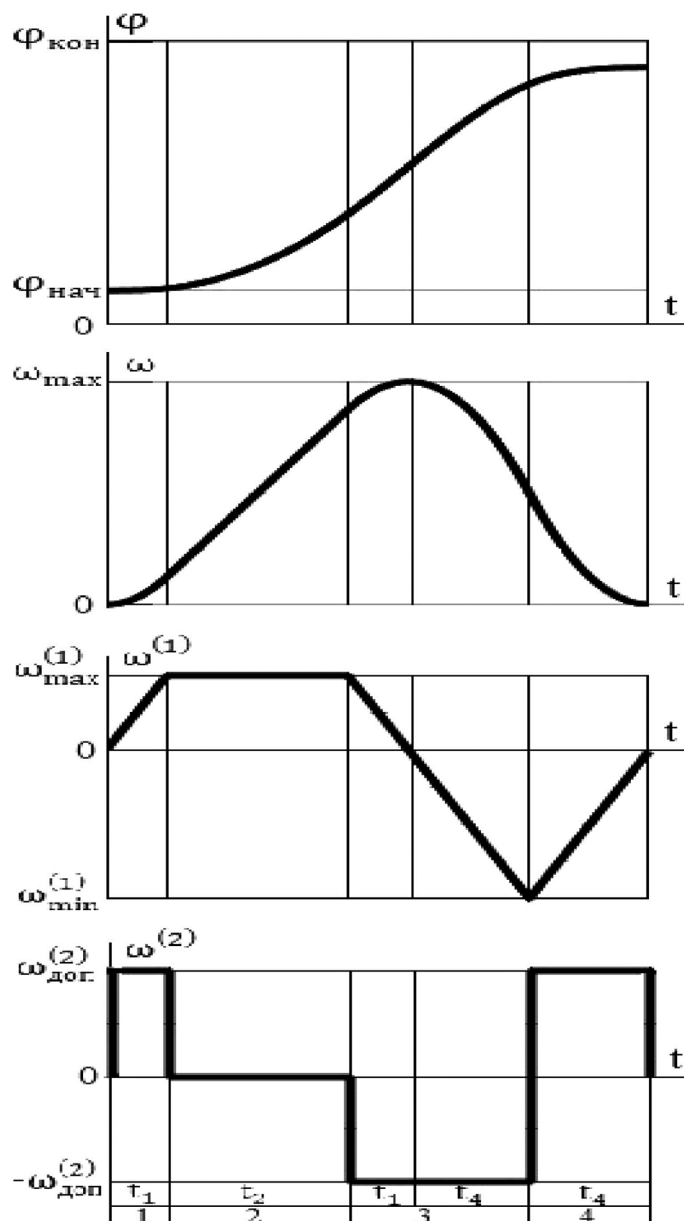


Рисунок 1 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при малых перемещениях исполнительного органа электропривода (механические координаты)

На рисунке 2 представлены оптимальная по быстродействию диаграмма при малых перемещениях исполнительного органа электропривода (электрические координаты).

На рисунке приняты следующие обозначения:
 U – напряжение, приложенное к якорной цепи электропривода, В;
 $I_{я}$ – ток якорной цепи электропривода, А;
 $U_{доп}$ – допустимое значение напряжения, приложенного к якорной цепи электропривода, В;
 $R_{я}$ – сопротивление якорной цепи электропривода, Ом;
 $I_{доп}$ – допустимое значение тока якорной цепи электропривода, А;
 C_M – коэффициент пропорциональности между током и моментом двигателя, В·с;
 $M_{со}$ – момент сопротивления электропривода, Н·м.

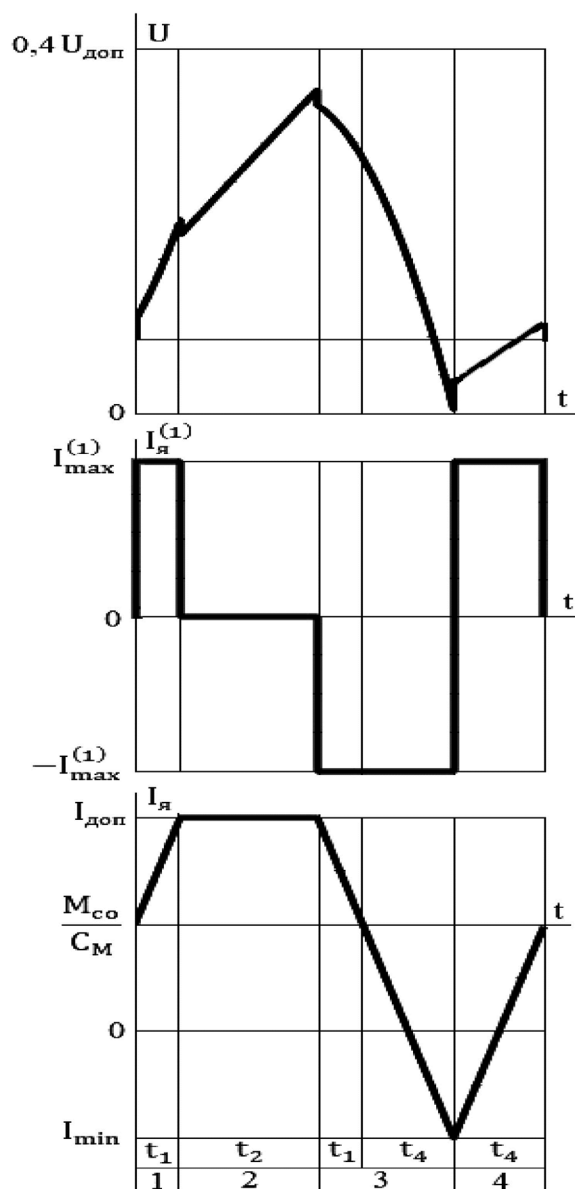


Рисунок 2 – Оптимальная по быстродействию диаграмма при малых перемещениях исполнительного органа электропривода (электрические координаты)

Для данного электропривода справедливо соотношение:

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

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

$$\omega_{min}^{(1)} = -\omega_{доп}^{(2)} \cdot t_4;$$

$$\begin{aligned}\omega_{\max} &= \omega_{\max}^{(1)} \cdot (t_1 + t_2); \\ \omega_{\max} &= -\omega_{\min}^{(1)} \cdot t_4; \\ (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) &= \omega_{\max} \cdot \left(t_1 + \frac{1}{2} \cdot t_2 + t_4\right); \\ T_{\text{ц}} &= 2t_1 + t_2 + 2t_4.\end{aligned}$$

где J – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг·м²;
 $T_{\text{ц}}$ – время цикла, с.

Из данных соотношений определяется параметры оптимальной по быстродействию диаграммы при малых перемещениях исполнительного органа электропривода:

$$\begin{aligned}\omega_{\max}^{(1)} &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J}; \\ t_1 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_2 &= \frac{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} \cdot t_4^2 - \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ t_4 &= \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}; \\ \omega_{\max} &= \omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot t_4^2; \\ \omega_{\min}^{(1)} &= -\omega_{\text{доп}}^{(2)} \cdot t_4; \\ T_{\text{ц}} &= \frac{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}}{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}} \cdot t_4 + \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{J \omega_{\text{доп}}^{(2)}} + 2t_4.\end{aligned}$$

Если $t_2 = 0$, то $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.1}}$. При этом первое граничное значение угла поворота исполнительного органа электропривода определяется по формуле

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

Если $\omega_{\min} = -\frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J}$, то $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.2}}$. При этом второе граничное значение угла поворота исполнительного органа электропривода определяется по формуле

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

Предлагаемая диаграмма перемещения применима при выполнении условия $\varphi_{\text{гр.1}} \leq (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \leq \varphi_{\text{гр.2}}$.

В работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры: $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$; $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$; $L_{\text{я}} = 0,1 \text{ Гн}$; $J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, где C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью электродвигателя и его ЭДС, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;
 $L_{\text{я}}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн;

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 равен $M_{\text{со}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

При этом вторая производная угловой скорости электродвигателя равна $\omega_{\text{доп}}^{(2)} = 1000 \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$.

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{\max}^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,1 \text{ с}.$$

В работе выполнены численные эксперименты, результаты которых представлены в таблицах № 1, № 2, № 3, № 4, № 5, с целью доказать эффективность предлагаемой диаграммы для малых перемещений исполнительного органа электропривода при различных значениях момента сопротивления.

При $M_{C0} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.1} = 2 \text{ рад}$ и $\varphi_{гр.2} = 72 \text{ рад}$.

Таблица 1 – Результаты первого численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_4, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{min}^{(1)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$
2	0,1	0	0,4	10	-100
3,4848	0,12	0,044	0,484	14,4	-120
5,6448	0,14	0,096	0,576	19,6	-140
8,6528	0,16	0,156	0,676	25,6	-160
12,7008	0,18	0,224	0,784	32,4	-180
18	0,2	0,3	0,9	40	-200
24,7808	0,22	0,384	1,024	48,4	-220
33,2928	0,24	0,476	1,156	57,6	-240
43,8048	0,26	0,576	1,296	67,6	-260
56,6048	0,28	0,684	1,444	78,4	-280
72	0,3	0,8	1,6	90	-300

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,1 \text{ с.}$$

При $M_{C0} = 3,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.1} = 3,90625 \text{ рад}$ и $\varphi_{гр.2} = 48,4 \text{ рад}$.

Таблица 2 – Результаты второго численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_4, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{min}^{(1)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$
3,90625	0,125	0	0,5	15,625	-125
6,80625	0,15	0,055	0,605	22,5	-150
11,025	0,175	0,12	0,72	30,625	-175
16,9	0,2	0,195	0,845	40	-200
24,80625	0,225	0,28	0,98	50,625	-225
35,15625	0,25	0,375	1,125	62,5	-250
48,4	0,275	0,48	1,28	75,625	-275

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 125 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,125 \text{ с.}$$

При $M_{C0} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.1} = 6,75 \text{ рад}$ и $\varphi_{гр.2} = 33 \frac{1}{3} \text{ рад}$.

Таблица 3 – Результаты третьего численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_4, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{min}^{(1)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$
6,75	0,15	0	0,6	22,5	-150
9,00466875	0,165	0,0315	0,6615	27,225	-165
11,7612	0,18	0,066	0,726	32,4	-180
15,08641875	0,195	0,1035	0,7435	38,025	-195
19,0512	0,21	0,144	0,864	44,1	-210
23,73046875	0,225	0,1875	0,9375	50,625	-225
29,2032	0,24	0,234	1,014	57,6	240
$33 \frac{1}{3}$	0,25	$\frac{4}{15}$	$1 \frac{1}{15}$	62,5	-250

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 150 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,15 \text{ с.}$$

При $M_{C0} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.1} = 10,71875 \text{ рад}$ и $\varphi_{гр.2} = 23 \frac{1}{7} \text{ рад}$.

Таблица 4 – Результаты четвертого численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_4, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{min}^{(1)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$
10,71875	0,175	0	0,7	30,625	-175
12,06177336	0,182	0,01428	0,72828	33,124	-182
13,52254176	0,189	0,02912	0,75712	35,721	-189
15,10747616	0,196	0,04452	0,78652	38,416	-196
16,82316216	0,203	0,06048	0,81648	41,209	-203
18,67635	0,210	0,077	0,847	44,1	-210
20,67395456	0,217	0,09408	0,87808	47,089	-217
22,82305536	0,224	0,11172	0,90972	50,176	-224
$23 \frac{1}{7}$	0,225	$\frac{4}{35}$	$\frac{32}{35}$	50,625	-225

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 175 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,175 \text{ с.}$$

При $M_{C0} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$, $\varphi_{гр.1} = \varphi_{гр.2} = 16 \text{ рад}$.

Таблица 5 – Результаты пятого численного эксперимента

$(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}), \text{ рад}$	$t_4, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$T_{ц}, \text{ с}$	$\omega_{max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\omega_{min}^{(1)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$
16	0,2	0	0,8	40	-200

Остальные параметры диаграммы:

$$\omega_{max}^{(1)} = 200 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; t_1 = 0,2 \text{ с.}$$

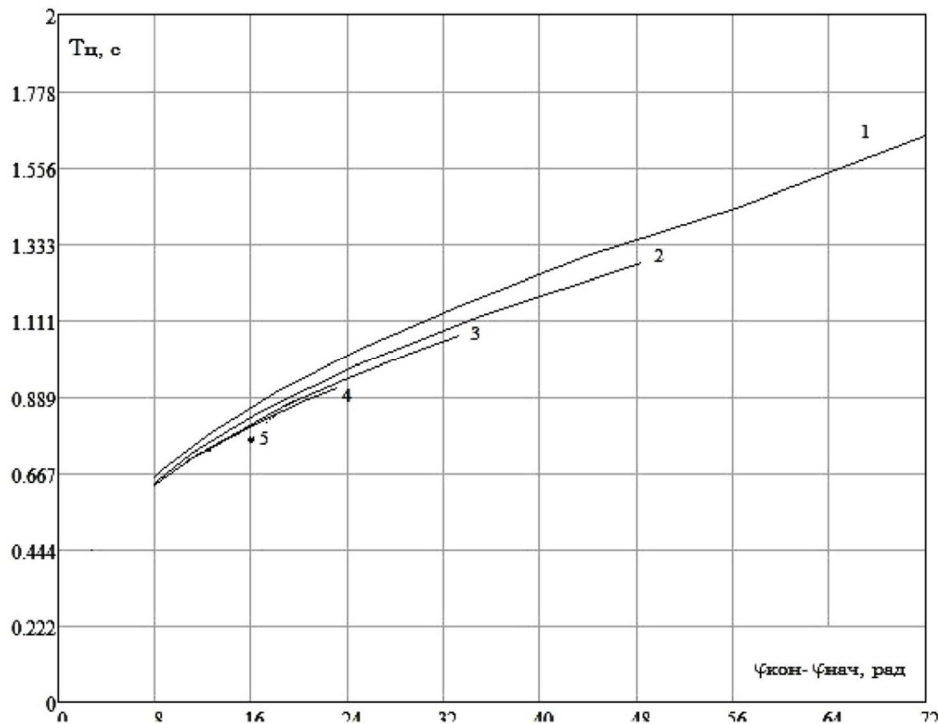


Рисунок 3 – Зависимость длительности цикла $T_{ц}$ от заданного перемещения исполнительного органа электропривода $\Delta\varphi = (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$: 1) для $M_{C0} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 2) для $M_{C0} = 3,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 3) для $M_{C0} = 2,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 4) для $M_{C0} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$; 5) для $M_{C0} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Выводы

Электропривод в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой при ограничениях по первой и второй производным скорости при номинальной нагрузке $M_{CO} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ перемещает свой исполнительный орган на 18 радиан за 0,954400374 секунды [1].

При перемещении исполнительного органа электропривода на 18 радиан в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой с ограничениями по максимальному току и второй производной при номинальной загрузке $M_{CO} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ необходимо всего 0,9 секунды. При уменьшении момента сопротивления электропривода по сравнению с номинальным временем цикла $T_{ц}$ дополнительно уменьшается.

Литература

1. Добробаба Ю.П., Хорцев А.Л. Особо точный позиционный электропривод постоянного тока: монография. – Краснодар : Изд-во ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2014. – 104 с.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Khortsev A.L. Particularly accurate positional direct current electric drive: monograph. – Krasnodar : Publishing house of FGBOU VO «KubGTU», 2014. – 104 p.

УДК 62

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ
ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**



**RESEARCH OF ENERGY CHARACTERISTICS OF SOFTWARE CONTROLLED
OPTIMUM IN TERMS OF SPEED ELECTRIC ACTUATORS**

Добробаба Юрий Петрович

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

Сальников Кирилл Игоревич

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Бондарев Михаил Николаевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Исследованы энергетические характеристики программно-управляемых оптимальных по быстродействию электроприводов. Диаграмма состоит из одиннадцати этапов. Выявлена зависимость потребляемой электроприводом энергии от третьей производной угловой скорости.

Ключевые слова: энергетические характеристики, программно-управляемых, третьей производной угловой скорости, одиннадцатиступенчатая диаграмма.

Dobrobaba Yury Petrovich

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

Salnikov Kirill Igorevich

Student,
Kuban State Technological University

Bondarev Mikhail Nikolaevich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. The energy characteristics of softwarecontrolled optimum in terms of speed electric actuators. The diagram has eleven stages. The dependence of the energy consumed by the electric drive on the third derivative of the angular velocity is revealed.

Keywords: energy characteristics, softwarecontrolled, third derivative of the angular velocity, eleven-stage diagram

В результате детального анализа источника [1], исследованы оптимальные по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электроприводов для различных типов движения исполнительного органа, в частности:

- малые перемещения, диаграмма состоит из 6 этапов;
- средние перемещения, диаграмма состоит из 10 этапов;
- большие перемещения, диаграмма состоит из 11 этапов.

Вместе с тем, исследуемые параметры перемещения исполнительного органа электропривода касались только механических координат, не принимая во внимание энергетические составляющие движения, в частности – величину затрат энергии на совершение движения.

В текущей работе осуществляется детальное исследование энергетических характеристик программно-управляемых оптимальных по быстродействию электроприводов на предмет зависимости затрачиваемой электроприводом энергии от величины третьей производной угловой скорости.

Для случаев больших перемещений исполнительного органа электропривода были выявлены такие значения перемещений, которые остаются постоянными для всех типов диаграмм, вне зависимости от величины третьей производной угловой скорости. Принимая в расчет данную зависимость, проведем исследования для больших перемещений электропривода и выявим зависимость энергетических параметров от величины третьей производной угловой скорости.

Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода, отражающая изменение механических координат исполнительного органа, приведен на рисунке 1. Для данного рисунка приняты следующие обозначения:

φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, рад/с;

- $\omega^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;
- $\omega^{(3)}$ – третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с⁴;
- $\varphi_{нач}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- $\varphi_{кон}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- $\omega_{доп}$ – допустимое значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с;
- $\omega_{доп}^{(1)}$ – допустимое значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с²;
- $\omega_{max}^{(2)}$ – максимальное значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с³;
- $\omega_{max}^{(3)}$ – максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, рад/с⁴;
- t – время, с;
- t_1 – длительность первого, второго, четвертого, пятого, седьмого, восьмого, девятого и одиннадцатого этапов, с;
- t_2 – длительность третьего и девятого этапов, с;
- t_3 – длительность шестого этапа, с.

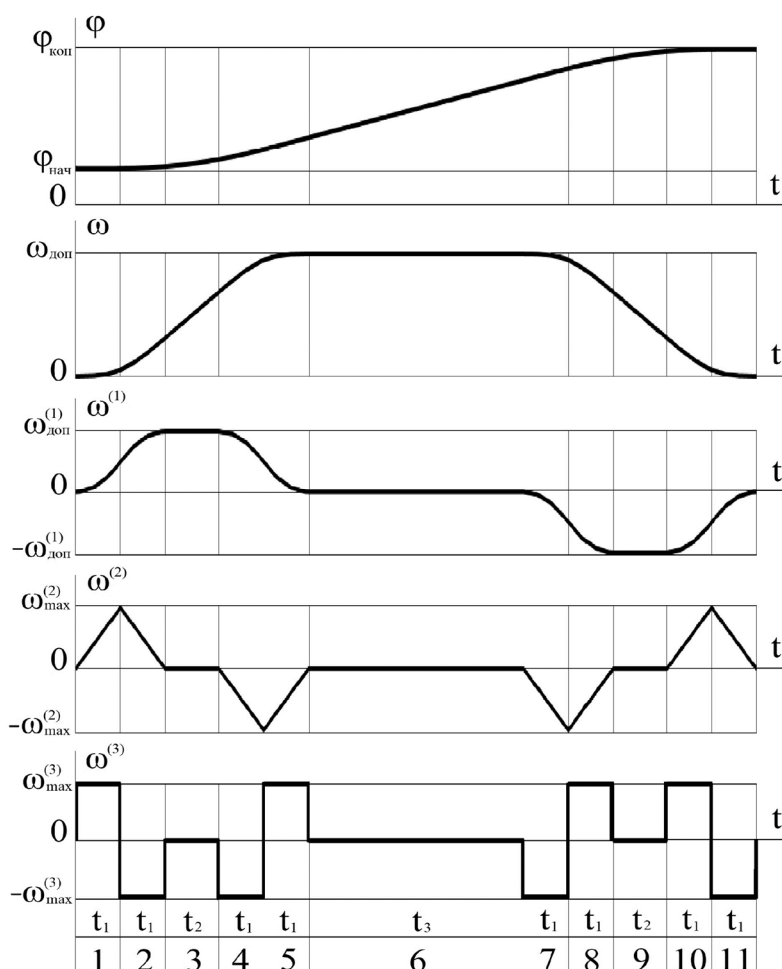


Рисунок 1 – Механические координаты оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода с учетом третьей производной угловой скорости

Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода, отражающая изменение электрических координат, приведена на рисунке 2. Для данного рисунка приняты следующие обозначения:

- U – напряжение, приложенное к якорной цепи электропривода, В;
- $I_{я}$ – ток якорной цепи электропривода, А;
- $I_{я.max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной тока якорной цепи электропривода, А/с;
- $U_{доп}$ – допустимое значение напряжения, приложенного к якорной цепи электропривода, В;
- $I_{доп}$ – допустимое значение тока якорной цепи электропривода, А;
- C_M – коэффициент пропорциональности между током и моментом двигателя, В·с;
- $M_{со}$ – момент сопротивления электропривода, Н·м.

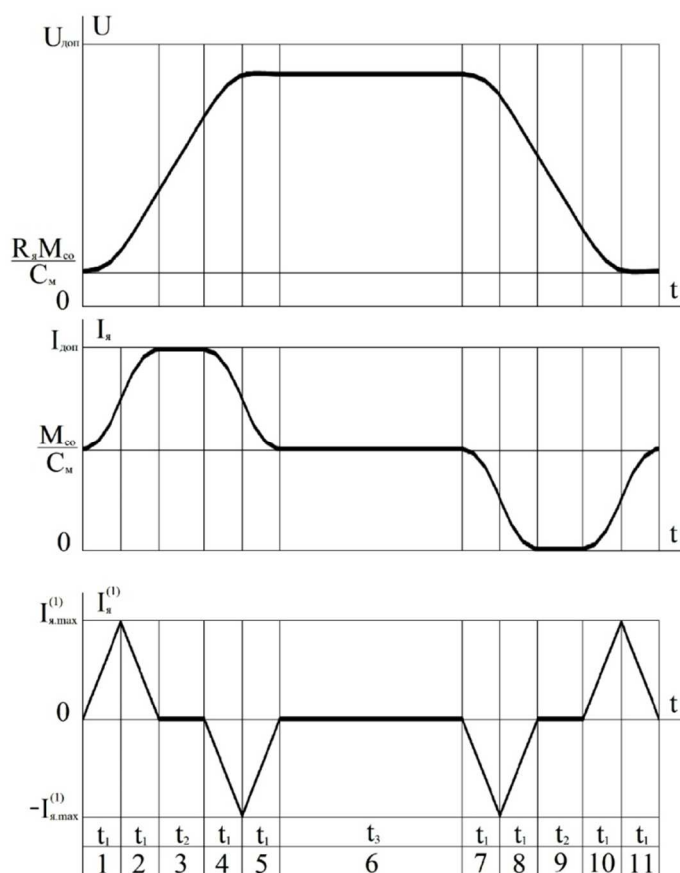


Рисунок 2 – Электрические координаты оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода

Для заданного электропривода справедливо соотношение:

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

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

$$\begin{aligned} \omega^{(3)}(t) &= \omega_{max}^{(3)}; \\ \omega^{(2)}(t) &= \omega_{max}^{(3)} \cdot t; \\ \omega^{(1)}(t) &= \frac{1}{2} \omega_{max}^{(3)} \cdot t^2; \\ \omega(t) &= \frac{1}{6} \omega_{max}^{(3)} \cdot t^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{24} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^4; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot \left[M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^2 \right]; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t; \\ U(t) &= \frac{1}{6} C_e \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot \left[M_{\text{CO}} + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^2 \right] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t; \\ P(t) &= \frac{1}{6} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[M_{\text{CO}} \cdot t^3 + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^5 \right] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \times \\ &\quad \times \left\{ M_{\text{CO}}^2 + M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^2 + \frac{1}{4} J^2 \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot t^4 \right\} + \\ &\quad + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[M_{\text{CO}} \cdot t + \frac{1}{2} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t^3 \right]; \\ W_1 &= \frac{1}{24} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^4 + \frac{1}{72} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^6 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_1 + \\ &\quad + \frac{1}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{1}{20} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 + \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \times \\ &\quad \times M_{\text{CO}} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 + \frac{1}{8} \cdot \frac{L_{\text{я}} J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4.\end{aligned}$$

Этап 2. В интервале времени $t_1 \leq t \leq 2t_1$:

$$\begin{aligned}\omega^{(3)}(t) &= -\omega_{\text{max}}^{(3)}; \\ \omega^{(2)}(t) &= \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 - \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - 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) - \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - t_1)^2; \\ \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 - \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \times (t - t_1)^3; \\ \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 + \\ &\quad + \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1)^3 - \frac{1}{24} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - t_1)^4; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1)^2 \right] \right\}; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot [t_1 - (t - t_1)]; \\ U(t) &= C_e \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \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 - \frac{1}{6} \cdot (t - t_1)^3 \right] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \times \\ &\quad \times \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1)^2 \right] \right\} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \times [t_1 - (t - t_1)]; \\ P(t) &= \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot \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. \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{1}{6} \cdot (t - t_1)^3 \right] + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \left[\frac{1}{12} t_1^5 + \frac{5}{12} t_1^4 \cdot (t - t_1) + \frac{2}{3} t_1^3 \cdot (t - t_1)^2 + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{6} t_1^2 \cdot (t - t_1)^3 - \frac{5}{12} t_1 \cdot (t - t_1)^4 + \frac{1}{12} \cdot (t - t_1)^5 \right] \right\} + \\ &\quad + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{\text{CO}}^2 + 2 M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1)^2 \right] + \right. \\ &\quad \left. + J^2 \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot \left[\frac{1}{4} t_1^4 + t_1^3 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - t_1)^2 - t_1 \cdot (t - t_1)^3 + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \frac{1}{4} \cdot (t - t_1)^4 \right] \right\} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot [t_1 - (t - t_1)] + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - t_1) - \frac{3}{2} t_1 \cdot (t - t_1)^2 + \frac{1}{2} \cdot (t - t_1)^3 \right] \right\};\end{aligned}$$

$$W_2 = \frac{13}{24} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^4 + \frac{35}{72} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^6 +$$

$$+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_1 + \frac{5}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{43}{60} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 +$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 + \frac{3}{8} \cdot \frac{L_{\text{я}} J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4.$$

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

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

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

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

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

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

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

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = 0;$$

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

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{CO} \cdot [t_1^3 + t_1^2 \cdot (t - 2t_1)] + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot [t_1^5 + t_1^4 \cdot (t - 2t_1)] \right\} +$$

$$+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{CO}^2 + 2M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4 \right\};$$

$$W_3 = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right) + \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(t_1^5 t_2 + \frac{1}{2} t_1^4 t_2^2 \right) +$$

$$+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_2 + 2 \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 t_2 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4 t_2.$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{CO} \cdot \left[(t_1^3 + t_1^2 t_2) + t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2) - \frac{1}{6} \times \right. \right.$$

$$\left. \times (t - 2t_1 - t_2)^3 + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[(t_1^5 + t_1^4 t_2) + t_1^4 \cdot (t - 2t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \times \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
 & \times (t_1^3 + t_1^2 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2 - \frac{2}{3} t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2)^3 + \\
 & + \frac{1}{12} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^5 \Big] + \frac{R_n}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{CO}^2 + 2M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \times \right. \\
 & \times \left[t_1^2 - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2 \right] + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \times \\
 & \times \left[t_1^4 - t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2)^2 + \frac{1}{4} \cdot (t - 2t_1 - t_2)^4 \right] \Big\} - \frac{L_n J}{C_M^2} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \times \\
 & \times M_{CO} \cdot (t - 2t_1 - t_2) + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[t_1^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \times (t - 2t_1 - t_2)^3 \right] \Big\}; \\
 W_4 = & \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{35}{24} t_1^4 + t_1^3 t_2 \right) + \frac{C_e}{C_M} J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(\frac{85}{72} t_1^6 + \frac{5}{6} t_1^5 t_2 \right) + \\
 & + \frac{R_n}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_1 + \frac{5}{3} \cdot \frac{R_n}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{43}{60} \cdot \frac{R_n}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 - \\
 & - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_n J}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{3}{8} \cdot \frac{L_n J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4.
 \end{aligned}$$

Этап 5. В интервале времени $(3t_1 + t_2) \leq t \leq (4t_1 + t_2)$:

$$\begin{aligned}
 \omega^{(3)}(t) &= \omega_{\max}^{(3)}; \\
 \omega^{(2)}(t) &= -\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 + \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - t_2); \\
 \omega^{(1)}(t) &= \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 - \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^2; \\
 \omega(t) &= \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{11}{6} t_1^3 + t_1^2 t_2 \right) + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \times \\
 & \times (t - 3t_1 - t_2)^2 + \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^3; \\
 \varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{49}{24} t_1^4 + 2t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right) + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{11}{6} t_1^3 + t_1^2 t_2 \right) \times \\
 & \times (t - 3t_1 - t_2) + \frac{1}{4} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - t_2)^2 - \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \times \\
 & \times (t - 3t_1 - t_2)^3 + \frac{1}{24} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^4; \\
 I_n(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{CO} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^2 \right] \right\}; \\
 I_n^{(1)}(t) &= \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [-t_1 + (t - 3t_1 - t_2)]; \\
 U(t) &= C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[\left(\frac{11}{6} t_1^3 + t_1^2 t_2 \right) + \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - t_2) - \frac{1}{2} t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2)^2 + \right. \\
 & + \frac{1}{6} (t - 3t_1 - t_2)^3 \Big] + \frac{R_n}{C_M} \cdot \left\{ M_{CO} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{1}{2} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^2 \right] \right\} + \frac{L_n J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [-t_1 + (t - 3t_1 - t_2)]; \\
 P(t) &= \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{CO} \cdot \left[\left(\frac{11}{6} t_1^3 + t_1^2 t_2 \right) + \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - t_2) - \frac{1}{2} t_1 \times \right. \right. \\
 & \times (t - 3t_1 - t_2)^2 + \frac{1}{6} (t - 3t_1 - t_2)^3 \Big] + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[\left(\frac{11}{12} t_1^5 + \frac{1}{2} t_1^4 t_2 \right) - \right. \\
 & - \left(\frac{19}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 \right) \cdot (t - 3t_1 - t_2) + \left(\frac{1}{6} t_1^3 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2 \right) \cdot (t - 3t_1 - t_2)^2 + \\
 & + \frac{5}{6} t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - t_2)^3 - \frac{5}{12} t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2)^4 + \frac{1}{12} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^5 \Big] \Big\} + \\
 & + \frac{R_n}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{CO}^2 + 2M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2) + \frac{1}{2} \times \right. \right. \\
 & \times (t - 3t_1 - t_2)^2 \Big] + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left[\frac{1}{4} t_1^4 - t_1^3 \cdot (t - 3t_1 - t_2) + \frac{3}{2} t_1^2 \times \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times (t - 3t_1 - t_2)^2 - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2)^3 + \frac{1}{4} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^4 \Big] \Big\} + \\ & + \frac{L_{яJ}}{C_M^2} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{CO} \cdot [-t_1 + (t - 3t_1 - t_2)] + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{2} t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 \times \right. \right. \\ & \quad \left. \left. \times (t - 3t_1 - t_2) - \frac{3}{2} t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2)^2 + \frac{1}{2} \cdot (t - 3t_1 - t_2)^3 \right] \right\}; \\ W_5 = & \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{47}{24} t_1^4 + t_1^3 t_2 \right) + \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(\frac{23}{72} t_1^6 + \frac{1}{6} t_1^5 t_2 \right) + \\ & + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{R_{я}}{C_M} \cdot M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{1}{20} \cdot \frac{R_{я}}{C_M} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 - \\ & - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{яJ}}{C_M^2} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{8} \cdot \frac{L_{яJ}^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4. \end{aligned}$$

Этап 6. В интервале времени $(4t_1 + t_2) \leq t \leq (4t_1 + t_2 + t_3)$:

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

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

$$\omega^{(1)}(t) = 0;$$

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

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

$$I_{я}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot M_{CO};$$

$$I_{я}^{(1)}(t) = 0;$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot (2t_1^3 + t_1^2 t_2) + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot M_{CO};$$

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (2t_1^3 + t_1^2 t_2) + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2;$$

$$W_6 = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (2t_1^3 + t_1^2 t_2) \cdot t_3 + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_3.$$

Этап 7. В интервале времени $(4t_1 + t_2 + t_3) \leq t \leq (5t_1 + t_2 + t_3)$:

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

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

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

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

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

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

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

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[(2t_1^3 + t_1^2 t_2) - \frac{1}{6} \cdot (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^3 \right] +$$

$$+ \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \left[M_{CO} - \frac{1}{2} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] - \frac{L_{яJ}}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \times (t - 4t_1 - t_2 - t_3);$$

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{CO} \cdot \left[(2t_1^3 + t_1^2 t_2) - \frac{1}{6} \cdot (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^3 \right] - \right.$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{2}J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[(2t_1^3 + t_1^2t_2) \cdot (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \times \right. \\
 & \left. \times (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^5 \right] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{\text{CO}}^2 - M_{\text{CO}}J\omega_{\max}^{(3)} \times \right. \\
 & \left. \times (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{4}J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^4 \right\} - \\
 & - \frac{L_{\text{я}}J}{C_M^2} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[M_{\text{CO}} \cdot (t - 4t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2}J\omega_{\max}^{(3)} \times (t - 4t_1 - t_2 - t_3)^3 \right]; \\
 W_7 = & \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}}\omega_{\max}^{(3)} \left(\frac{47}{24}t_1^4 + t_1^3t_2 \right) - \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(\frac{23}{72}t_1^6 + \frac{1}{6}t_1^5t_2 \right) + \\
 & + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}J\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{1}{20} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 - \\
 & - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{\text{я}}J}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 + \frac{1}{8} \cdot \frac{L_{\text{я}}J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4.
 \end{aligned}$$

Этап 8. В интервале времени $(5t_1 + t_2 + t_3) \leq t \leq (6t_1 + t_2 + t_3)$:

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 \varphi(t) = & \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{143}{24}t_1^4 + 4t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2 + 2t_1^3t_3 + t_1^2t_2t_3 \right) + \\
 & + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{11}{6}t_1^3 + t_1^2t_2 \right) \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{4}\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \times
 \end{aligned}$$

$$\times (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6}\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^3 + \frac{1}{24}\omega_{\max}^{(3)} \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^4;$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
 P(t) = & \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot \left[\left(\frac{11}{6}t_1^3 + t_1^2t_2 \right) - \frac{1}{2}t_1^2 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3) - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{1}{2}t_1 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{6} \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^3 \right] + J\omega_{\max}^{(3)} \times \right. \\
 & \left. \times \left[-\left(\frac{11}{12}t_1^5 + \frac{1}{2}t_1^4t_2 \right) - \left(\frac{19}{12}t_1^4 + t_1^3t_2 \right) \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \left(\frac{5}{3}t_1^3 - \frac{1}{2}t_1^2t_2 \right) \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{6}t_1^2 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^3 - \right. \right. \\
 & \left. \left. - \frac{5}{12}t_1 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^4 + \frac{1}{12} \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^5 \right] \right\} + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \times
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \times \left\{ M_{CO}^2 + 2M_{CO}J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{2}t_1^2 - t_1 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3) + \right. \right. \\ & \quad \left. \left. + \frac{1}{2} \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left[\frac{1}{4}t_1^4 + t_1^3 \times \right. \right. \\ & \quad \left. \left. \times (t - 5t_1 - t_2 - t_3) + \frac{1}{2}t_1^2 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^2 - t_1 \times \right. \right. \\ & \quad \left. \left. \times (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^3 + \frac{1}{4} \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^4 \right] \right\} + \frac{L_{я}J}{C_M^2} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \times \\ & \quad \times \left\{ M_{CO} \cdot [-t_1 + (t - 5t_1 - t_2 - t_3)] + J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{2}t_1^3 + \frac{1}{2}t_1^2 \times \right. \right. \\ & \quad \left. \left. \times (t - 5t_1 - t_2 - t_3) - \frac{3}{2}t_1 \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{2} \cdot (t - 5t_1 - t_2 - t_3)^3 \right] \right\}; \\ W_8 &= \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO}\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{35}{24}t_1^4 + t_1^3t_2 \right) - \frac{C_e}{C_M} J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(\frac{85}{72}t_1^6 + \frac{5}{6}t_1^5t_2 \right) + \\ & \quad + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_1 - \frac{5}{3} \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}J\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{43}{60} \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 - \\ & \quad - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{я}J}{C_M^2} \cdot M_{CO}\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 + \frac{3}{8} \cdot \frac{L_{я}J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4. \end{aligned}$$

Этап 9. В интервале времени $(6t_1 + t_2 + t_3) \leq t \leq (6t_1 + 2t_2 + t_3)$:

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \varphi(t) &= \varphi_{нач} + \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(\frac{89}{12}t_1^4 + 5t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2 + 2t_1^3t_3 + t_1^2t_2t_3 \right) + \\ & + \omega_{\max}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2t_2) \cdot (t - 6t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2}\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 \times (t - 6t_1 - t_2 - t_3); \end{aligned}$$

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

$$I_{я}^{(1)}(t) = 0;$$

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

$$\begin{aligned} P(t) &= \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{CO} \cdot \left[(t_1^3 + t_1^2t_2) - t_1^2 \cdot (t - 6t_1 - t_2 - t_3) \right] - \right. \\ & \quad \left. - J\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[(t_1^5 + t_1^4t_2) - t_1^4 \cdot (t - 6t_1 - t_2 - t_3) \right] \right\} + \frac{R_{я}}{C_M^2} \times \\ & \quad \times \left\{ M_{CO}^2 - 2M_{CO}J\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4 \right\}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_9 &= \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO}\omega_{\max}^{(3)} \cdot \left(t_1^3t_2 + \frac{1}{2}t_1^2t_2^2 \right) - \frac{C_e}{C_M} J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(t_1^5t_2 + \frac{1}{2}t_1^4t_2^2 \right) + \\ & \quad + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_2 - 2 \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}J\omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2t_2 + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4t_2. \end{aligned}$$

Этап 10. В интервале времени $(6t_1 + 2t_2 + t_3) \leq t \leq (7t_1 + 2t_2 + t_3)$:

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

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

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

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

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left(\frac{89}{12} t_1^4 + 6t_1^3 t_2 + t_1^2 t_2^2 + 2t_1^3 t_3 + t_1^2 t_2 t_3 \right) + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \times \\ \times (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{24} \omega_{\text{max}}^{(3)} \times (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^4;$$

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left[-t_1^2 + \frac{1}{2} \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] \right\};$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3);$$

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

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot [t_1^3 - t_1^2 \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{1}{6} \times \right. \\ \times (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^3] + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot [-t_1^5 + t_1^4 \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3) + \\ + \frac{1}{2} t_1^3 \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^2 - \frac{2}{3} t_1^2 \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^3 + \\ + \frac{1}{12} \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^5] \left. \right\} + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{\text{CO}}^2 + 2M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \times \right. \\ \times \left[-t_1^2 + \frac{1}{2} \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] + J^2 \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot [t_1^4 - t_1^2 \times \\ \times (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{4} \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^4] \left. \right\} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot \omega_{\text{max}}^{(3)} \times \\ \times \left\{ M_{\text{CO}} \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3) + J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot [-t_1^2 \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3) + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \cdot (t - 6t_1 - 2t_2 - t_3)^3] \right\};$$

$$W_{10} = \frac{13}{24} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^4 - \frac{35}{72} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^6 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_1 - \\ - \frac{5}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{43}{60} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 + \\ + \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{3}{8} \cdot \frac{L_{\text{я}} J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\text{max}}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4.$$

Этап 11. В интервале времени $(7t_1 + 2t_2 + t_3) \leq t \leq (8t_1 + 2t_2 + t_3)$:

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

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

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

$$\omega(t) = \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3 - \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{1}{2} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \times \\ \times (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^3;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot \left(\frac{191}{24} t_1^4 + 6t_1^3 t_2 + t_1^2 t_2^2 + 2t_1^3 t_3 + t_1^2 t_2 t_3 \right) + \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^3 \times \\ \times (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{1}{4} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \\ + \frac{1}{6} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^3 - \frac{1}{24} \omega_{\text{max}}^{(3)} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^4;$$

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

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

$$\begin{aligned}
 U(t) &= C_e \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[\frac{1}{6} t_1^3 - \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{1}{2} t_1 \times \right. \\
 &\quad \times (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^3 \left. \right] + \frac{R_{я}}{C_M} \times \\
 &\quad \times \left\{ M_{CO} + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) - \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{1}{2} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] \right\} + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot [t_1 - (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)]; \\
 P(t) &= \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left\{ M_{CO} \cdot \left[\frac{1}{6} t_1^3 - \frac{1}{2} t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{1}{2} t_1 \times \right. \right. \\
 &\quad \times (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 - \frac{1}{6} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^3 \left. \right] + J \omega_{\max}^{(3)} \times \\
 &\quad \times \left[-\frac{1}{12} t_1^5 + \frac{5}{12} t_1^4 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{5}{6} t_1^3 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{5}{6} t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^3 - \frac{5}{12} t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^4 + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1}{12} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^5 \right] \left. \right\} + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{CO}^2 + 2M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{2} t_1^2 + \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \times \right. \\
 &\quad \times \left[\frac{1}{4} t_1^4 - t_1^3 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) + \frac{3}{2} t_1^2 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 - t_1 \times \right. \\
 &\quad \times (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^3 + \frac{1}{4} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^4 \left. \right] \left. \right\} + \frac{L_{я} J}{C_M^2} \cdot \omega_{\max}^{(3)} \times \\
 &\quad \times \left\{ M_{CO} \cdot [t_1 - (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)] + J \omega_{\max}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{2} t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 \times \right. \right. \\
 &\quad \times (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3) - \frac{3}{2} t_1 \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^2 + \frac{1}{2} \cdot (t - 7t_1 - 2t_2 - t_3)^3 \left. \right] \left. \right\}; \\
 W_{11} &= \frac{1}{24} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^4 - \frac{1}{72} \cdot \frac{C_e}{C_M} J \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^6 + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_1 - \\
 &\quad - \frac{1}{3} \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^3 + \frac{1}{20} \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^5 + \\
 &\quad + \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{я} J}{C_M^2} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot t_1^2 - \frac{1}{8} \cdot \frac{L_{я} J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot t_1^4.
 \end{aligned}$$

Величина электрической энергии, затраченной за время цикла движения исполнительного органа якорной цепью электропривода, будет равна:

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(3)} \cdot (8t_1^4 + 6t_1^3 t_2 + t_1^2 t_2^2 + 2t_1^3 t_3 + t_1^2 t_2 t_3) + \\
 &\quad + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot (8t_1 + 2t_2 + t_3) + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(\frac{46}{15} t_1^5 + 2t_1^4 t_2 \right).
 \end{aligned}$$

Так как

$$\omega_{\max}^{(3)} \cdot (8t_1^4 + 6t_1^3 t_2 + t_1^2 t_2^2 + 2t_1^3 t_3 + t_1^2 t_2 t_3) = (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \text{ и } (8t_1 + 2t_2 + t_3) = T_{\text{ц}},$$

то в результате подстановки получим соотношение:

$$W = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \cdot (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot T_{\text{ц}} + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(3)} \right]^2 \cdot \left(\frac{46}{15} t_1^5 + 2t_1^4 t_2 \right),$$

где $T_{\text{ц}}$ – время цикла, с.

Заданные параметры исследуемого электропривода:

$$C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}; C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}; R_{я} = 5 \text{ Ом}; L_{я} = 0,1 \text{ Гн}; J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью электродвигателя и его ЭДС, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;

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

$L_{я}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн;

J – момент инерции электропривода, кг · м².

Ограничения контролируемых электрических и механических координат исследуемого электропривода: $U_{доп} = 250$ В; $I_{доп} = 8$ А; $\omega_{доп} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Момент сопротивления равен $M_{CO} = 5$ Н · м. При этом допустимое значение первой производной угловой скорости электропривода равно:

$$\omega_{доп}^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}.$$

В процессе исследований выполнен численный эксперимент, результаты которого сведены в таблицу 1. Наряду с этим, задано постоянное значение перемещения исполнительного органа электропривода, равное: $(\varphi_{кон} - \varphi_{нач}) = 800$ рад.

Таблица 1 – Результаты численного эксперимента

$\omega_{\text{max}}^{(3)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}$	$\omega_{\text{max}}^{(2)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$T_{ц}, \text{с}$	$\varphi_{гр.2}, \text{рад}$	$Q_1, \text{Дж}$	$W_1, \text{Дж}$
156,25	125	0,8	0	1,8	8,2	512	$852 \frac{4}{15}$	$4852 \frac{4}{15}$
256	160	0,625	0,35	2,15	7,85	456	$837 \frac{1}{3}$	$4837 \frac{1}{3}$
400	200	0,5	0,6	2,4	7,6	416	$826 \frac{1}{3}$	$4826 \frac{1}{3}$
625	250	0,4	0,8	2,6	7,4	384	$818 \frac{2}{15}$	$4818 \frac{2}{15}$
1024	320	0,3125	0,975	2,775	7,225	356	$810 \frac{2}{3}$	$4810 \frac{2}{3}$
1600	400	0,25	1,1	2,9	7,1	336	$805 \frac{1}{3}$	$4805 \frac{1}{3}$
2500	500	0,2	1,2	3,0	7,0	320	$801 \frac{1}{15}$	$4801 \frac{1}{15}$
4096	640	0,15625	1,2875	3,0875	6,9125	306	$797 \frac{1}{3}$	$4797 \frac{1}{3}$
6400	800	0,125	1,35	3,15	6,85	296	$794 \frac{2}{3}$	$4794 \frac{2}{3}$
10000	1000	0,1	1,4	3,2	6,8	288	$792 \frac{8}{15}$	$4792 \frac{8}{15}$
15625	1250	0,08	1,44	3,24	6,76	281,6	$790 \frac{62}{75}$	$4790 \frac{62}{75}$
25600	1600	0,0625	1,475	3,275	6,725	276	$789 \frac{1}{3}$	$4789 \frac{1}{3}$
40000	2000	0,05	1,5	3,3	6,7	272	$788 \frac{4}{15}$	$4788 \frac{4}{15}$

Выводы. После обработки полученных результатов установлена зависимость величины электрической энергии, потребляемой якорной цепью программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода от величины третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода. Данные величины имеют обратно-пропорциональную зависимость – при увеличении значения третьей производной угловой скорости исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода, величина затрачиваемой электроэнергии якорной цепью электропривода уменьшается.

Литература

1. Добробаба Ю.П., Хорцев А.Л. Особо точный позиционный электропривод постоянного тока: монография. – Краснодар : Изд-во ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2014. – 104 с.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Khortsev A.L. Particularly accurate positional direct current electric drive: monograph. – Krasnodar : Publishing house of FGBOU VO «KubGTU», 2014. – 104 p.

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ



VENTILATED FACADE SYSTEMS AND THEIR USE IN THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS

Злая Дарья Геннадьевна

Кубанский государственный технологический университет

Сылка Дарья Владимировна

Кубанский государственный технологический университет

Ковалева Илона Владимировна

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье рассматривается применение в строительстве и реконструкции зданий и сооружений навесных вентилируемых фасадов. Представлены их достоинства и недостатки. Описаны их свойства. Также в статье приводятся примеры различных зданий, которые были реконструированы при помощи навесных вентилируемых фасадов.

Ключевые слова: вентилируемые фасады, строительные материалы, строительство, здания, сооружения, монтаж, реконструкция.

Zlaya Daria Gennadijevna

Kuban State Technological University

Sylka Daria Vladimirovna

Kuban State Technological University

Kovaleva Ilona Vladimirovna

Kuban State Technological University

Annotation. This article discusses the use of hinged ventilated facades in the construction and reconstruction of buildings and structures. Their advantages and disadvantages are presented. Their properties are described. The article also provides examples of various buildings that were reconstructed using hinged ventilated facades.

Keywords: ventilated facades, building materials, construction, buildings, structures, installation, reconstruction.

В настоящее время технология вентилируемых фасадов занимает своё место на мировом рынке облицовочных материалов. Распространённость НВФ объясняется их простотой монтажа, устойчивостью к атмосферным воздействиям, положительными теплотехническими характеристиками, разнообразием цветовых комбинаций и облицовочных материалов. Такие системы более энергоэффективны, чем замкнутые фасады.

НВФ – это новая технология монтажа современных облицовочных материалов с использованием стальной или алюминиевой конструкции [3]. Различные виды вентилируемых фасадов применяются и в новом строительстве, и в качестве эффективной энергосберегающей конструкции при реконструкции фасадов зданий или сооружений. Эти свойства в корне изменили утепление панельных домов. Наиболее широкое распространение такие системы получили в строительстве после программы по санации домов в городах России.

Одним из основных направлений санации была облицовка фасадов и утепление зданий. Хорошо улучшить показатели энерго-эффективности панельного дома можно при помощи современных технологий установки фасадов. Это системы навесного или штукатурного фасада.

Системы вентилируемых фасадов применяются как в частном домостроении, так и при строительстве многоэтажных домов. Например, в частных домах нередко используется деревянная обрешетка под облицовку, но в строительстве многоэтажных зданий используются другие материалы.

Навесной фасад – это конструкция, которая состоит из облицовочного материала, воздушного зазора, набора изделий металлической конструкции и крепежных элементов, теплоизоляционного слоя [1].

Навесные вентилируемые фасады находятся на высоком уровне востребованности. Грамотно спроектированный навесной вентилируемый фасад обеспечивает долгий срок эксплуатации облицовочной системы и экономию на отоплении и охла-

ждении помещений. НВФ подходят для всех видов строительства и монтируются на здание практически без специальной предварительной подготовки объекта строительства. Пригодны для реставрационных работ, в рамках которых фасады зданий ремонтируются без значительных затрат и расходов.

Основной особенностью вентилируемого фасада является наличие между слоем облицовки здания и утеплителя вентиляционного зазора с пониженным давлением. При использовании такой системы точка росы смещается из материала несущей стены в слой утеплителя, из которого, за счёт пониженного давления, влага переносится в вентзазор, из которого выводится в атмосферу восходящим потоком воздуха. В итоге, конденсат не скапливается ни внутри, ни на поверхности стены. Считается, что для лучшего движения воздуха в вентиляционном зазоре, он должен расширяться снизу-вверх. Темп увеличения скорости растет с увеличением ширины зазора. По расчетным данным, максимальная скорость при обычной прямоугольной конструкции достигается при больших значениях ширины – порядка метра, что конструктивно неприемлемо [2, 4, 6, 7]. Поэтому применяют диффузорный навесной фасад с небольшим продольным уширением зазора, в котором при определенной ширине зазора скорость становится постоянной. Одним из важных элементов навесного вентилируемого фасада является утеплитель. В случаях, когда фасад должен выполнять существенную теплоизоляционную функцию в процессе эксплуатации, утеплитель устанавливают в два слоя. Слои различаются по геометрическим и физическим показателям, причем стыки слоёв не должны совпадать.

Однако можно выделить и недостатки вентилируемых фасадов. К самому явному следует отнести слабую стойкость к высокотемпературным последствиям. Это объясняется наличием ветрозащитной пленки, которая является наиболее горючим материалом во всей системе НВФ. Ещё одним явным недостатком систем НВФ можно считать склонность крепёжных систем, а именно оцинкованных кронштейнов, к коррозии, что ведёт к преждевременному разрушению фасада здания. Недостатком энерго- и теплоэффективности является наличие точечных мостиков холода, которыми являются металлические кронштейны, пронизывающие утеплитель. Помимо этого, вопреки распространённому мнению, вентилируемые фасады не улучшают звукоизоляционные характеристики стеновых ограждений [5].

Благодаря вентилируемым фасадам, было создано множество возможностей облицовки фасадов. В зависимости от назначения здания применяют различные облицовочные материалы

Фасады многоэтажных жилых домов облицовывают керамогранитом. Это придает зданиям и сооружениям красивый и естественный внешний вид. Реже используют терракотовые объемные панели, которые располагаются горизонтально и создают длинные продольные линии фасаде здания. Это смотрится оригинально и красиво.

Офисные здания зачастую облицовывают различными кассетными материалами, такими как стальные или алюминиевые композиционные панели, кассеты без прослойки или керамогранит. Примером реконструкции офисных зданий является Бизнес-центр «Славяне» в городе Ростов-на-Дону.

Здание было облицовано навесными панелями из прозрачного стекла.

Гостиницы и рестораны облицовывают как при строительстве, так и при реконструкции дорогими европейскими фиброцементными листами, которые устанавливаются скрытым способом. Такой способ облицовки создает эффект монолитности. Таким способом была реконструирована гостиница «Интурист» в Краснодаре. Стеклые монолитные фасады придают легкость и простоту внешнему виду здания, но при всем этом оно выглядит величественно. Так же была реконструирована еще одна гостиница «Крымск», находящаяся в одноименном городе. Здание по сравнению с «Интуристом» намного меньше, однако за счёт реконструкции навесными вентилируемыми фасадами оно выглядит не хуже.

Вокзалы и аэропорты выполняют, либо реконструируют из стекло-прозрачных конструкций [3]. Таким способом был реконструирован Пашковский аэропорт в Краснодаре. Здание облицовали навесными вентилируемыми фасадами, тем самым создали эффект невесомости открытого пространства, которое освещается натуральным светом.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что навесные вентилируемые фасады по праву можно считать удобным, красивым и эффективным способом реконструкции зданий и сооружений. Системы НВФ является перспективными в силу большого количества достоинств, поэтому актуальным остаётся ее дальнейшее изучение и разработка.

Литература

1. Сычев А.С., Шихов А.Н. Утепление наружных стен при реконструкции зданий // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. – 2014. – С. 289–293.
2. Технико-экономическое обоснование по утеплению наружных стен многоквартирного жилого здания с устройством вентилируемого фасада / Д.В. Немова [и др.] // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 11 (26). – С. 70–84.
3. Якубов С. Вентфасады и пожарная безопасность // Инженерно-строительный журнал. – 2008. – № 2.
4. Монастырев П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий: учебное пособие. – М. : АСВ, 2002. – С. 2–3.
5. Леонова А.Н. Достоинства и недостатки применения навесных вентилируемых фасадных систем при реконструкции зданий в курортных регионах // Строительство в прибрежных курортных регионах Сочи, 14–19 мая 2012 г.
6. Вербицкий Д.О., Леонова А.Н. Энергоэффективность при строительстве и реконструкции зданий // Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. – Краснодар, 2017. – С. 32–37.
7. Гамм М.В., Леонова А.Н. Основные параметры ресурсосбережения при реконструкции зданий // Материалы конференций ГНИИ «Нацразвитие». – СПб. : Октябрь, 2017. – С. 56–59.
8. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Значение теплопереноса как свойство строительных конструкций в зданиях и сооружениях // Перспективы науки. – 2016. – № 9 (84). – С. 39–43.
9. Калкан С.Н., Леонова А.Н. Особенности современных подходов при реконструкции фасадов жилых зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 314–316.

References

1. Sychev A.S., Shikhov A.N. Insulation of external walls during reconstruction of buildings // Youth science 2014: technologies, innovations. – 2014. – P. 289–293.
2. Feasibility study on insulation of exterior walls of an apartment building with a ventilated facade / D.V. Nemova [et al.] // Construction of unique buildings and structures. – 2014. – № 11 (26). – P. 70–84.
3. Yakubov S. Ventfasady and fire safety // Civil Engineering Journal. – 2008. – № 2.
4. Monastirev P.V. Technology of device of additional thermal protection of walls of residential buildings: textbook. – M. : DIA, 2002. – P. 2–3.
5. Leonova A.N. Advantages and disadvantages of the use of hinged ventilated facade systems in the reconstruction of buildings in resort regions // Construction in coastal resort regions of Sochi, May 14–19, 2012
6. Verbitsky D.O., Leonova A.N. Energy efficiency in the construction and reconstruction of buildings // Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. – Krasnodar, 2017. – P. 32–37.
7. Gamm M.V., Leonova A.N. The main parameters of resource saving in the reconstruction of buildings // Materials of conferences of the State Research Institute «National Development». – SPb. : October, 2017. – P. 56–59.
8. Karpanina E.N., Leonova A.N. The value of heat transfer as a property of building structures in buildings and structures // Prospects of science. – 2016. – № 9 (84). – P. 39–43.
9. Kalkan S.N., Leonova A.N. Features of modern approaches in the reconstruction of facades of residential buildings // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 314–316.

ИННОВАЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



INNOVATIVE BUILDING MATERIALS USED IN RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Злая Дарья Геннадьевна

Кубанский государственный технологический университет

Сылка Дарья Владимировна

Кубанский государственный технологический университет

Ковалева Илона Владимировна

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные технологии в реконструкции зданий и сооружений. Представлены инновационные материалы, применяемые при строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Описаны их структура и свойства, а также приведены их достоинства.

Ключевые слова: реконструкция, инновационные материалы, графен, нанотрубки, прочность.

Zlaya Daria Gennadievna

Kuban State Technological University

Sylka Daria Vladimirovna

Kuban State Technological University

Kovaleva Iлона Vladimirovna

Kuban State Technological University

Annotation. This article discusses modern technologies in the reconstruction of buildings and structures. Innovative materials used in the construction and reconstruction of buildings and structures are presented. Their structure and properties are described. Their advantages and disadvantages are given. The article also cites buildings that were reconstructed using innovative materials.

Keywords: reconstruction, innovative materials, graphene, nanotubes, strength.

Одним из важных направлений в реконструкции зданий на сегодняшний день является развитие технологий, которые направлены на повышение качества, упрощение, снижение сроков работ. Это дает возможность увеличить их эффективность и ускорить весь процесс в целом. Часть из них направлена на облегчение труда рабочих и технологического процесса в целом, другая часть же преследует цель повысить прочность и долговечность, снизить затраты на материалы.

Большая часть современных технологий облегчает производство работ, позволяет применения более простые способы при выявлении дефектов зданий без использования обследования разрушающими методами. На данный момент, обследование бетонных и железобетонных сооружений происходит методами ударного импульса или при помощи ультразвука. Однако несколько лет назад строителям приходилось собственными руками проводить сбор образцов для испытаний. Зачастую, это повреждало конструкцию.

Использование инновационных материалов в наши дни является одним из самых эффективных и перспективных способов улучшения производства строительных работ при реконструкции и сооружений.

Графен – новый наноматериал, который представляет собой одиночную прослойку атомов углерода, соединенных между собой структурой химических связей, кристаллическая решетка которого является плоскостью, состоящей из шестиугольных ячеек [1]. Его уникальными физическими характеристиками являются: оптическая прозрачность, хорошая электрическая проводимость, упругость. Он обладает большим потенциалом для применения на практике в различных сферах.

Пленка из графена имеет толщину 0,01 мм и внешне похожа на пищевую пленку, но при этом она очень прочная. Обмотав такой пленкой различные здания и сооружения можно перемещать их в любое нужное или безопасное место при помощи воздушного транспорта.

Помимо графена распространенность получил продукт производной углерода – углеродные нанотрубки. Их большая прочность и низкая масса позволяет создать сооружения повышенной прочности, заменяя собой элементы армирования, но при нужных модификациях и прогрессе, даже и ограждающие конструкции. Структура нанотрубок такова, что без трудностей уже на текущем этапе, строители могут создать сложные многослойные конструкции, которые превосходят по своим характеристикам сталь и другие базовые материалы [2–5].

Исследования западных ученых показывают, что внедрение их в бетон в качестве модификатора придает ему повышенную прочность электропроводность и термостойкость. Тесты по истиранию и сверлению материалов, которые были модифицированы нанотрубками, проводившиеся в Европе, показали, что одностенные углеродные нанотрубки не покидают материал при его повреждении [6].

При реконструкции использование нанотрубок способствует повышению прочности бетона при сжатии на 30 %, помимо этого, материал используется для создания слоя подстилки, который будет препятствовать попаданию воды. Повышенная защита от влаги у данного материала дает возможность применения его на дне моря, для создания или улучшения защиты трубопроводов и других коммуникаций. Использование углеродных нанотрубок при покрытии трубопроводов показало видимое улучшение характеристик утяжеляющего и защитного покрытий, таких как: водонепроницаемость, прочность и удобство при монтаже. Однако для применения данных материалов нужны полномасштабные исследования и массовое производство.

Использование графена и других высокотехнологичных материалов является очень востребованной, но вместе с этими сложной, задачей. При больших вложениях в исследования сейчас, мы можем получить недорогое доступное сырье в будущем.

Сейчас данная тема изучена довольно мало ввиду того, что применения наноматериалов имеет узкую направленность. Большая часть технологий в прошлом достигали пика своего развития спустя 20–30 лет после начала исследования, то же может случиться и с наноматериалами в будущем. Если уже сейчас начать инвестиции в данную технологию, то можно сократить сроки развития до 10 лет.

Литература

1. Атопов В.И. Нанотехнологии и перспективы их применения в строительстве: учебное пособие // Конкурентная стратегия компании. – Волгоград, 2011. – 168 с.
2. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах // Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
3. 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.
4. Шурыгина В. Чудо-материал – графен. Новый конкурент на рынке РЧ-электроники. Часть 1 // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2014. – № 4. – С. 141–149.
5. Одоевская А.А., Леонова А.Н. Строительные материалы будущего // Проектирование и строительство автономных, энергоэффективных зданий: сб. ст. Международной научно-практической конференции. – 2018. – С.142–147.
6. Леонова А.Н., Бибиков 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.
7. 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.

References

1. Atopov V.I. Nanotechnologies and prospects for their application in construction: a study guide // Competitive strategy of the company. – Volgograd, 2011. – 168 p.
2. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern methods of strengthening building structures with carbon composite materials // Topical issues of urban construction, architecture and design in resort re-

- gions // Proceedings of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
3. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Peculiarities of reinforcement of building structures with composite polymeric materials under conditions of high and low temperatures // Prospects of Science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
 4. Shurygina V. Miracle material – graphene. A new competitor in the RF electronics market. Part 1 // Electronics: Science, technology, business. – 2014. – № 4. – P. 141–149.
 5. Odоеvskaya A.A., Leonova A.N. Building materials of the future // Design and construction of autonomous, energy-efficient buildings: Sat. Art. International scientific and practical conference. – 2018. – P.142–147.
 6. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovation in construction. Collection of materials of the III International scientific-practical conference. – 2020. – P. 16–21.
 7. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of reinforcement of metal structures with composite materials under the influence of an aggressive environment // Bulletin of MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.

УДК: 691.7

**КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ.
МЕТОДЫ ПО ЗАЩИТЕ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОДИРОВАНИЯ**
◆◆◆◆
**CORROSION OF METALS.
METHODS FOR PROTECTING METALS FROM CORROSION**

Калиновская Валерия Александровна
студент,
Кубанский государственный технологический университет
kalinovskayav@mail.ru

Огурцова Дарья Дмитриевна
студент,
Кубанский государственный технологический университет
dogurtzowa@yandex.ru

Аннотация. Одной из важнейших отраслей современного промышленного мира является металлургия. В настоящее время, благодаря своим исключительным физическим, химическим, механическим и технологическим свойствам, металл стал обязательным конструктивным материалом при возведении зданий и сооружений, а также нашел применение и в других множественных отраслях. В процессе эксплуатации металлических конструкций возникают различные динамические и статические нагрузки, которые отрицательно влияют на долговечность и прочность металлов. Также на состояние металлов огромное влияние оказывает химическое, электрохимическое и физико-химическое воздействие окружающей среды. Однако наиболее опасным и распространенным процессом, влекущим за собой разрушение металлических конструкций, является коррозия металлов. В данной статье рассмотрены причины корродирования металлов и выявлены основные методы по борьбе с коррозией.

Ключевые слова: металлические конструкции, металлы, материал, коррозия, методы борьбы, причины.

Kalinovskaya Valeria Alexandrovna
Student,
Kuban State University of Technology
kalinovskayav@mail.ru

Ogurtsova Darya Dmitrievna
Student,
Kuban State University of Technology
dogurtzowa@yandex.ru

Annotation. Metallurgy is one of the most important branches of the modern industrial world. Currently, due to its exceptional physical, chemical, mechanical and technological properties, metal has become an obligatory structural material in the construction of buildings and structures, and has also found application in many other industries. During the operation of metal structures, various dynamic and static loads arise, which negatively affect the durability and strength of metals. Also, the state of metals is greatly influenced by the chemical, electrochemical and physico-chemical effects of the environment. However, the most dangerous and widespread process that leads to the destruction of metal structures is metal corrosion. This article discusses the causes of metal corrosion and identifies the main methods to combat corrosion.

Keywords: metal structures, metals, material, corrosion, methods of fighting, reasons.

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, физико-химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой из-за термодинамической неустойчивости конструкций к воздействию находящихся в контактирующей среде веществ. На изображении ниже (рис. 1) можно увидеть пример того, как на металл влияет процесс коррозии в течение эксплуатации изделия [1].



Рисунок 1 – Коррозия металлической цепи

Основными причинами интенсивного окисления поверхности металлов является: повышенная влажность, наличие блуждающих токов, химическое и физико-химическое воздействие окружающей среды. Скорость коррозии находится в прямой зависимости от температурной среды: с повышением температуры окружающей среды повышается и скорость коррозионной реакции (рис. 2) [2].

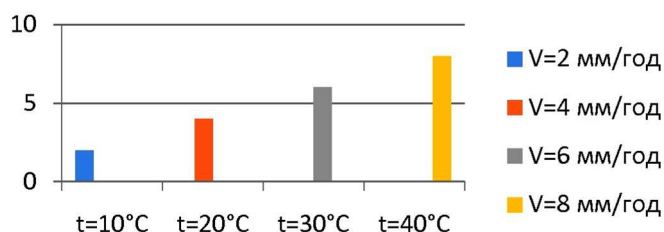


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости скорости коррозии (удельной потери массы) от температуры окружающей среды

Различают химическую, электрохимическую и трибохимическую природу коррозии. Химическая коррозия обусловлена активным окислением поверхности металла во влажной среде. Склонность металлов к химическому окислению определяется кислородным потенциалом – способности к участию в окислительно-восстановительных реакциях. Сталь наиболее подвержена такому типу коррозии. Исключение составляет нержавеющая сталь, которая, являясь одним из сплавов с большой коррозионной устойчивостью, не подвергается воздействию химической коррозии. Железо, которое является одним из основных компонентов стали, способно на поверхности металла образовывать при взаимодействии с кислородом слой окислов толщиной около 1–10 мкм. Такой слой применяется для частичной защиты поверхности стальных изделий от коррозии. Такой процесс называется воронением, и в настоящее время он используется преимущественно в качестве декоративной отделки углеродистой или низколегированной стали и чугуна (рис. 3) [3].



Рисунок 3 – Стальное изделие до и после этапов воронения металла

Электрохимическая коррозия (рис. 4) протекает, как правило, в условиях влажного грунта, который, являясь слабощелочной средой, способствует образованию и перемещению блуждающих электрических токов. Блуждающие токи являются следствием ионизации частиц металла в кислородсодержащей среде, что запускает процесс переноса катионов металла с поверхности вовне. Борьба с данной коррозией усложняется сложностью диагностирования состояния грунта в месте прокладки стальной коммуникации. Коррозия возникает при окислении контактных устройств линий электропередач при увеличении зазоров между элементами электрической цепи. В результате помимо разрушения контактных устройств наблюдается и резкое увеличение энергопотребления [4].

Трибохимической коррозии подвержены металлообрабатывающие инструменты, работающие в режиме повышенных температур и давлений. Поскольку от деталей таких инструментов (резцов, пуансонов, фильер и пр.) требуется высокая поверхностная твёрдость, то их антикоррозийное покрытие невозможно. Между тем, при основных энергоёмких процессах обработки металлов происходят механохимические реакции, интенсивность которых возрастает с увеличением температуры на контактной поверхности. Образующаяся при этом окись железа Fe_2O_3 начинает интенсивно разрушать поверхность инструмента [5].



Рисунок 4 – Электрохимическая коррозия нагревательного элемента

От трибохимической коррозии применяется довольно необычный способ коррозионной защиты. Один из окислов железа Fe_3O_4 , представляющий собой высоковязкую технологическую смазку, присутствуя на поверхности заготовки металлической конструкции, перекрывает доступ кислорода к металлу при полугорячей деформации металлов и сплавов, тем самым блокируя процесс зарождения трибохимической коррозии. Это явление применяется при скоростной высадке трудно деформируемых металлов и сплавов. Эффективность обусловлена тем, что при каждом технологическом цикле контактные поверхности обновляются, позволяя регулировать стабильность процесса [6].

Виды коррозионных разрушений при различных видах коррозии можно разделить на следующие группы:

1. Равномерная коррозия выражается в равномерном разрушении металла по всей его поверхности. Такой тип разрушений характерен для металлов и сплавов с однофазной структурой (чистые металлы, твердые растворы, химические соединения).

2. Местная коррозия разрушает металл на отдельных участках поверхности, что наблюдается в многофазных сплавах с грубой структурой, а также в однофазных сплавах и чистых металлах при разрушении защитной плёнки. Этот вид коррозии вызван образованием поверхностных дефектов металла.

3. Межкристаллитная коррозия характеризуется распространением коррозии по границам зёрен и является наиболее опасным, поскольку распространяется глубоко внутрь металла, не вызывая заметных изменений на поверхности. Наиболее подвержены хромоникелевые стали, алюминиевые сплавы, способные выделять дисперсные фазы [7].

В зависимости от характера коррозии и условий её протекания применяются различные методы защиты. Выбор того или иного способа определяется его эффективностью и экономической целесообразностью в данном конкретном случае. Методы делятся на следующие группы:

1. Легирование металлов;
2. Защитные покрытия (металлические, неметаллические);
3. Электрохимическая защита;
4. Изменение свойств коррозионной среды;
5. Рациональное конструирование изделий [8].

Легирование металлов – это эффективный и наиболее дорогой метод повышения коррозионной стойкости металлов. При этом методе в состав сплава вводят вызывающие пассивность металла компоненты: никель, хром, вольфрам и др. При введении некоторых добавок к сталям (хрома, никеля, титана и меди) коррозия металлов способствует образованию продуктов реакции, предохраняющих сплав от дальнейшей коррозии. Конечным результатом является образование слоя металла, химически инертного к воздействию кислорода [8].

Защитные покрытия – это слои, искусственно создаваемые на поверхности металлических изделий и сооружений для предохранения их от коррозии. Если покрытие служит также для декоративных целей, его называют защитно-декоративным. Выбор вида покрытия зависит от условий, в которых используется металл. Защитные покрытия делятся на: металлические, неметаллические и лакокрасочные. В качестве металлических защитных покрытий могут применяться как чистые металлы (медь, хром, алюминий, никель, цинк, серебро и др.), так и их сплавы (латунь, бронза и др.). Защитное действие неметаллических защитных покрытий (органических и неорганических)

сводится к изоляции материала от окружающей среды. К неорганическим покрытиям относятся неорганические эмали, оксиды металлов, соединения фосфора и др. В качестве органических покрытий применяют лакокрасочные покрытия, покрытия смолами, пластмассами, резиной, полимерными плёнками. Лакокрасочные покрытия наиболее распространены. Они должны быть сплошными, безпористыми, газонепроницаемыми и водонепроницаемыми, эластичными, химически стойкими, обладать механической прочностью, твёрдостью и высоким сцеплением с материалом. Лакокрасочные материалы делятся на две группы: лаки и краски (эмали). Среди наиболее стойких выделяют эмали и краски, содержащие алюминий. При нанесении эмалей эффект достигается путём перекрытия доступа кислорода к поверхности металла, а при нанесении краски – нанесением на поверхность алюминия, который, являясь химически инертным металлом, предохраняет сталь от коррозионного разрушения. Среди достоинств лакокрасочных покрытий подчеркивают лёгкость его реализации, экономичность и механизацию процесса. Недостатком является недолговечность покрытий, которые спустя некоторое время начинают механически разрушаться [8].

Электрохимическая защита основана на торможении анодных и катодных реакций коррозионного процесса. Она осуществляется присоединением к защищаемой конструкции с более отрицательным значением электродного потенциала протектора, а также катодной или анодной поляризацией за счёт извне приложенного тока. Наиболее применима электрохимическая защита в коррозионных средах с хорошей ионной электрической проводимостью. Катодная поляризация используется для защиты от коррозии подземных трубопроводов, кабелей, а также к шлюзовым воротам, водным резервуарам, подводным лодкам, морским трубопроводам, буровым платформам и оборудованию химических заводов [9].

Для снижения агрессивности коррозионной среды уменьшают концентрацию компонентов, опасных в коррозионном отношении. В нейтральных средах коррозия обычно протекает с поглощением кислорода. Его удаляют деаэрацией путём кипячения, барботажа инертного газа или восстанавливают с помощью соответствующих восстановителей (гидразин, сульфиты и т.п.). Агрессивность среды может уменьшаться также при снижении концентрации ионов и повышении pH, т.е. подщелачивании [9].

Для защиты от коррозии также используются ингибиторы – вещества, при добавлении которых в небольших количествах в среду, где находится металл, значительно уменьшается скорость коррозии металла. Ингибиторы применяют в основном в системах, работающих с постоянным или мало обновляемым объёмом раствора, например, в химических аппаратах, парогенераторах, системах охлаждения и т.п. Они применяются при транспортировке нефти и газа, для защиты от коррозии горючесмазочными материалами, а также в органических средах и т.д. Большое применение находят ингибиторы в процессах травления металлов для удаления с поверхности ржавчины или окалины. Ингибиторы можно сгруппировать следующим образом:

- Экранизирующие ингибиторы, то есть покрывающие поверхность металла тонкой плёнкой, которая образуется в результате поверхностной адсорбции. При воздействии физических ингибиторов химические реакции не наблюдаются;

- Окислители (пассиваторы), вызывающие образование на поверхности металла плотно прилегающего слоя окисей, которые замедляют протекание анодного процесса. Эти слои не отличаются стойкостью и при определённых условиях могут подвергаться восстановлению. Эффективность пассиваторов зависит от толщины образуемого слоя и его проводимости;

- Катодные ингибиторы, замедляющие коррозию в растворах неокисляющих кислот (соли или окислы мышьяка и висмута) [10].

Эффективность действия ингибиторов зависит от условий среды, поэтому для их выбора требуется проведение исследований и испытаний. Поскольку ингибиторы со временем расходуются, они должны добавляться в агрессивную среду периодически [10].

Рациональное конструирование изделий должно исключать наличие или сокращать число и размеры наиболее опасных, с точки зрения коррозии, участков в изделиях или конструкциях: узких щелей, сварных швов, контактов разнородных по электродным потенциалам металлов и др., а также предусматривать специальную защиту металла этих участков от коррозии [10].

Таким образом, в настоящее время высокие темпы развития промышленности и производственных процессов, повышение основных технологических параметров предъявляют высокие требования к надёжности эксплуатации технологического оборудования и строительных конструкций. Среди важнейших мероприятий по обеспечению бесперебойной эксплуатации оборудования выделяют мероприятия по защите конструкций от коррозии и применению высококачественных материалов. Необходимость осуществления мероприятий по антикоррозийной защите возникает в связи с чрезвычайным ущербом, наносимым результатами воздействия коррозии. Ежегодно около 10 % производимого металла расходуется на покрытие этого ущерба. В результате воздействия коррозии металлические конструкции теряют необходимую прочность, герметичность, тепло- и электропроводность, герметичность и, вследствие этого, наблюдается снижение качества выпускаемой продукции, выход из строя оборудования и техники и т.п. Изучение механизма коррозии позволяет разрабатывать разнообразные методы антикоррозийной защиты, выбор которых определяется природой защищаемого металла, параметрами коррозионной среды и экономическими соображениями.

Литература

1. Коррозия металлов / О.А. Чепкасова [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 23 (103). – С. 260–261.
2. Лучкин Р.С. Коррозия и защита металлических материалов: структурные и химические факторы. – Тольятти : Изд-во: ТГУ, 2017. – 326 с.
3. Улиг Г.Г., Реву Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. Пер. с англ. / Под ред. А.М. Сухотина // Химия 1989. – США, 1985. – 456 с.
4. Мудруг А.С., Гончаренко П.В. Коррозия и вопросы конструирования. – К. :Техника, 1984. – 135 с.
5. Розенфельд И.Л. Коррозия и защита металлов // Изд-во: Металлургия, 1969. – 448 с.
6. Леонова А.Н. Причины аварий стальных конструкций промышленных зданий // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы 6-й Международной научно-практической конференции. – 2010. – С. 55–58.
7. Леонова А.Н., Сорокина Е.Н. Конструктивная безопасность вантовых конструкций // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 3 (63). – С. 33.
8. Леонова А.Н., Гаврилов Г.В., Вороной А.А. База данных учебного материала «Антикоррозионная защита и восстановление строительных конструкций» // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019621231, 10.07.2019. Заявка № 2019621119 от 01.07.2019.
9. Аналитические аспекты проектирования металлоконструкций специального назначения / Е.Н. Карпунина [и др.] // Издание. – 2018. – Т. 5. – № 14–2. – С. 735–743.
10. Сорокина Е., Леонов А. Оценка живучести металлических элементов при локальных повреждениях с учетом проектных воздействий // Сборник : Вебконференция МАТЕС. – 2018. – С. 02008.

References

1. Corrosion of metals / O.A. Chepkasova [et al] // Young scientist. – 2015. – № 23 (103). – P. 260–261.
2. Luchkin R.S. Corrosion and protection of metallic materials: structural and chemical factors. – Togliatti : Publishing House: TSU. – 2017. – 326 с.
3. Ulig G.G., Revi R.U. Corrosion and its control. Introduction to Corrosion Science and Technology / Translated from English. / Edited by A.M. Sukhotin // Chemistry 1989. – USA, 1985. – 456 p.
4. Mudrug A.S. Corrosion and design issues. – K. : Technika, 1984. – 135 p.
5. Rosenfeld I.L. Corrosion and protection of metals // Publisher: Metallurgy, 1969. – 448 p.
6. Leonova A.N. Causes of accidents of steel structures of industrial buildings // In the collection: Construction in coastal resort regions. Materials of the 6th International Scientific and Practical Conference. – 2010. – P. 55–58.
7. Leonova A.N., Sorokina E.N. Structural safety of cable-stayed structures // Engineering Bulletin of the Don. – 2020. – № 3 (63). – P. 33.
8. Leonova A.N., Gavrilov G.V., Voronoi A.A. Database of educational material «Anticorrosive protection and restoration of building structures» // Certificate of registration of the database RU 2019621231, 10.07.2019. Application № 2019621119 dated 01.07.2019.
9. Analytical aspects of special purpose metal structures design / E.N. Karpanina [et al.] // Revista Publicando. – 2018. – Vol. 5. – № 14–2. – P. 735–743.
10. Sorokina E., Leonova A. Evaluation of the survivability of metallic elements in local damage given the beyond design basis effects // In the collection: MATEC Web of Conferences. – 2018. – P. 02008.

УДК 69.059

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ



INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS DURING RECONSTRUCTION

Ковалева Алина Андреевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
kovalevaalina2000@mail.ru

Наумович Юлия Игоревна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
naumovich16012000@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются различные способы улучшения теплотехнических характеристик реконструируемого здания за счёт применения современных эффективных материалов, технологий.

Ключевые слова: энергоэффективность, утепление стен, замена окон, зеленая кровля, жилое здание.

Kovaleva Alina Andreevna

Student,
Kuban State Technological University
kovalevaalina2000@mail.ru

Naumovich Yulia Igorevna

Student,
Kuban State Technological University
naumovich16012000@mail.ru

Annotation. This article discusses various ways to improve the thermal performance of a reconstructed building through the use of modern efficient materials, technologies.

Keywords: energy efficiency, wall insulation, window replacement, green roof, residential building.

Реконструкция зданий – это совокупность строительных работ и организационно-строительных мероприятий, которые связаны с изменением основных технико-экономических показателей строящихся или ремонтируемых объектов.

В настоящее время в гражданском строительстве возникает одна из важных задач – применение энергосберегающих методов, технологий и материалов при реконструкции и строительстве зданий.

Наиболее эффективной мерой по снижению потерь тепловой энергии в промышленных и жилых домах является улучшение теплозащитных характеристик ограждающих конструкций, совершенствование систем вентиляции, утилизация теплоты вытяжного воздуха для нагрева приточного. Стоит заметить, что в настоящее время Россия имеет значительный потенциал энергосбережения, т.к. здания старой застройки возводились с учетом обеспечения санитарно-гигиенических норм, а новые, в свою очередь, построены по обязательным теплозащитным требованиям.

Самым простым и распространенным способом повышения энергоэффективности зданий является улучшение теплозащитных характеристик ограждающих конструкций.

Повышение энергоэффективности можно достичь с помощью 3-х мероприятий: замена окон; утепление наружных стен; утепление кровли или использование «зеленой кровли».

При замене окон следует использовать 3-х и более камерные стеклопакеты, стеклопакеты с инертными газами или энергосберегающие стеклопакеты (стекла со специальным покрытием – слоем ионов серебра (i-стекло)) вместо обычных [1]. Энергосберегающий стеклопакет «теплее» обычного на 30–50 % и сохраняет до 40 % тепла (рис. 1).

При утеплении фасада следует использовать навесной вентилируемый фасад или штукатурный фасад.

Навесной вентилируемый фасад состоит из под конструкции, утеплителя, воздушного зазора и защитного экрана (рис. 2).

Достоинства данного способа: длительный срок эксплуатации (около 50 лет); естественная вентиляция, которая способствует отведению избыточной влаги; круглогодичный монтаж; улучшение звукоизоляции здания; эстетичный вид фасада.

Недостатки данного способа: нецелесообразность устройства в районах Крайнего Севера; дороговизна; сложность монтажа.



Рисунок 1 – Сравнение эффективности стандартных и энергосберегающих окон

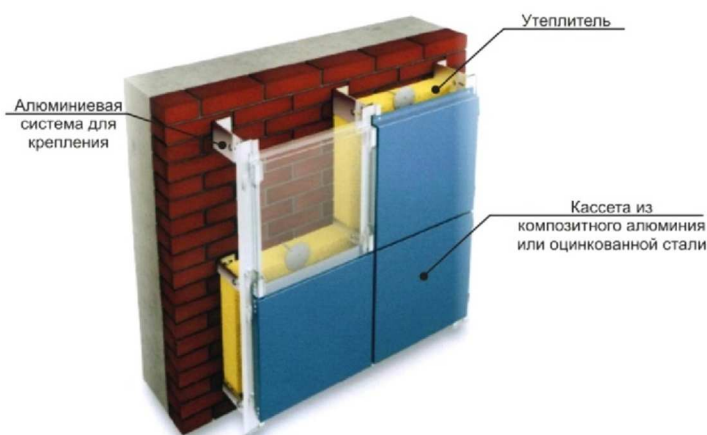


Рисунок 2 – Устройство навесного вентилируемого фасада

Штукатурный фасад состоит из грунтовой основы, клеевого состава, слоя теплоизоляционного материала (могут быть жесткие или мягкие плиты), армирующего слоя, нескольких слоев штукатурки (рис. 3).



Рисунок 3 – Устройство штукатурного фасада

Достоинства данного способа: дешевый; хорошая звукоизоляция, легкий монтаж.

Недостатки данного способа: монтаж можно производить только при положительной температуре (при отсутствии ветра, яркого солнечного света и влажности); высокие требования к хорошему сочетанию материалов.

Для увеличения теплоизоляционных свойств кровли целесообразно применять лёгкие теплоизоляционные материалы или технологию «зеленых кровель».

Технология зеленых кровель обладает рядом преимуществ перед обычной кровлей и позволяет решить множество следующих задач: снижение экологического

давления на окружающую среду, снижение уровня шума в помещениях за счет эффективной звукоизоляции, снижение тепловых потерь объекта, снижение затрат на отопление, повышение класса энергоэффективности здания и др.

Возможности применения озеленяемых крыш и их типов ограничивается такими внешними факторами, как: климат и конструктивные возможности (основание плоской крыши должно выдерживать значительную нагрузку).

Приведем пример таблицы сравнения годовых затрат на отопление зданий с обычной и с «зеленой кровлей» в г. Санкт-Петербурге (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение годовых затрат на отопление зданий в г. Санкт-Петербурге

Наружные ограждающие конструкции здания	Годовой расход тепловой энергии, Гкал/год	Затраты тепловой энергии на отопление здания, руб/год
1	2	3
Жилого здания с применением обычной кровли	533,2	690 590,0
Жилого здания с применением технологии «зеленая кровля»	505,1	654 195,4

Из данных, приведенных в таблице, видно, что «зеленая кровля» не только сокращает расход тепловой энергии за один отопительный период, но и значительно уменьшает экономические расходы на отопление здания.

В настоящее время мировой опыт дает основание утверждать, что реконструкция старых зданий может являться более выгодным решением, чем их снос и, в последствии, новое строительство. Одним из примеров экономически выгодной реконструкции является модернизация «хрущевки» в Томске по адресу пр. Комсомольском, 71. В результате изменений здание получило класс энергоэффективности «В», когда в настоящее время многие новостройки сдаются в эксплуатацию с присвоенным классом «С». По экспертной оценке, срок эксплуатации дома после реновации «повысился» ещё на 50 лет [2].

В ходе обследования реконструируемого объекта было выявлено, что существующие ограждающие конструкции здания не отвечали современным требованиям тепловой защиты. В ходе модернизации был утеплен фасад, заменили систему отопления, водоснабжения и канализации. Также была произведена реконструкция существующих входов в подъезды с установкой новых утепленных дверей, замена окон на пластиковые, произведена надстройка мансарды с 12 новыми квартирами (рис. 4) [3].



Рисунок 4 – Реконструируемый дом в г. Томске

Таким образом, модернизация эксплуатируемых зданий чаще всего может являться более выгодным решением, чем снос и последующее строительство, а проблема энергосбережения при этом может быть решена комплексно за счет использования ряда взаимосвязанных организационных и технологических мер. Именно в таком случае можно добиться рационального и действенного повышения энергоэффективности жилых зданий.

Литература

1. Леонова А.Н., Курочка М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий при реконструкции // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – Вып. 7 (118). – С. 805–813.
2. Ермаков Н.О., Новиков М.В. Обеспечение энергоэффективности при реконструкции жилых домов первых массовых серий. Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2018. – № 21 (207). – С. 40–44. – URL : <https://moluch.ru/archive/207/50639/> (дата обращения: 29.03.2022).
3. Электронный ресурс. – URL : <https://sdelano-u-nas.livejournal.com/2491074.html?ysclid=l1cif315ht> (дата обращения: 29.03.2022).
4. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Значение теплопереноса как свойство строительных конструкций в зданиях и сооружениях // Перспективы науки. – 2016. – № 9 (84). – С. 39–43.
5. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Некоторые аспекты использования конструкционных бетонов в каркасах энергоэффективных зданий // В сборнике статей: Международной научно-практической конференции Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 119–122.
6. Леонова А.Н., Самаркина Е.А., Тарасенко П.Д. Энергоэффективные фасадные системы // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 4. – С. 125–130.
7. Щеглова Я.Э., Леонова А.Н. Особенности возведения надстроек и пристроек при реконструкции зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 4. – С. 216–219.
8. Леонова А.Н. Достоинства и недостатки применения навесных вентилируемых фасадных систем при реконструкции зданий в курортных регионах // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы 7-й международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 68–71.

References

1. Leonova A.N., Kurochka M.V. Methods of improving the energy efficiency of buildings during reconstruction // Vestnik MGSU. – 2018. – Vol. 13. – Issue 7 (118). – P. 805–813.
2. Ermakov N.O., Novikov M.V. Ensuring energy efficiency in the reconstruction of residential buildings of the first mass series. Text : direct // Young scientist. – 2018. – № 21 (207). – P. 40–44. – URL : <https://moluch.ru/archive/207/50639/> (accessed: 03/29/2022).
3. Electronic resource. – URL : <https://sdelano-u-nas.livejournal.com/2491074.html?ysclid=l1cif315ht> (accessed: 03/29/2022).
4. Karpanina E.N., Leonova A.N. The value of heat transfer as a property of building structures in buildings and structures // Prospects of science. – 2016. – № 9 (84). – P. 39–43.
5. Karpanina E.N., Leonova A.N. Some aspects of the use of structural concrete in the frames of energy-efficient buildings // In the collection of articles of the International Scientific and Practical Conference Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. FGBOU VO «KubSTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 119–122.
6. Leonova A.N., Samarkina E.A., Tarasenko P.D. Energy-efficient facade systems // The Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 4. – P. 125–130.
7. Shcheglova Ya.E., Leonova A.N. Features of the construction of superstructures and extensions during the reconstruction of buildings // The Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 4. – P. 216–219.
8. Leonova A.N. Advantages and disadvantages of using hinged ventilated facade systems in the reconstruction of buildings in resort regions // In the collection: Construction in coastal resort regions. Materials of the 7th International Scientific and Practical Conference. – 2012. – P. 68–71.

УДК 656.073

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В УПРАВЛЕНИИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ
(НА ПРИМЕРЕ г. КРАСНОДАР)**



**INFORMATION TECHNOLOGY IN THE MANAGEMENT
OF ROAD TRANSPORT (ON THE EXAMPLE OF KRASNODAR)**

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Запорожец А.С.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Романтеев Р.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. За время своего долгого существования программное обеспечение претерпело значительные изменения: от программ, которые могут выполнять только простейшие логические функции и арифметические операции, до сложных бизнес-систем. Однако современный бизнес требует огромного и повсеместного использования информационных технологий в корпоративном управлении. Возможность и развитие информационных технологий объясняется тем, что современные компании чрезвычайно чувствительны и подвержены ошибкам руководства. Следовательно, современный управленческий подход предполагает вложения в информационные технологии.

Ключевые слова: информационные технологии, автомобильный транспорт, развитие информационных технологий.

Konovalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Zaporozhets A.S.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Romanteev R.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Annotation. During its long existence, the software has undergone significant changes: from programs that can perform only the simplest logical functions and arithmetic operations to complex business systems. However, modern business requires a huge and widespread use of information technology in corporate governance. The possibility and development of information technology is explained by the fact that modern companies are extremely sensitive and prone to management mistakes. Consequently, the modern management approach involves investments in information technology.

Keywords: information technologies, road transport, development of information technologies.

В нашем понимании информационные технологии предстают в виде процесса, который использует набор инструментов и методов для сбора, обработки и передачи данных. Другими словами, информационные технологии можно представить как систему методов и способов накопления, сбора и хранения, поиска и обработки информации, основанная на использовании технологий [1–4].

Используя именно эти технологии можно получить материальный ресурс и возможность получать разные продукты и изделия. Сегодня, на автотранспорте, происходят серьёзные количественные и качественные изменения обеспечения информацией производственных процессов, которые могут привести к следующему.

Компьютеризация придёт к завершающей стадии на уровне решения традиционных и аналитических задач учета, планирования и управления.

Самым важным будет тенденция перехода от использования компьютеров к решению наиболее важных проблем. Это позволит:

- уменьшить затраты на программное обеспечение информационного комплекса и его эксплуатации;
- привести к единому виду и уменьшить количество вторичных документов;
- полностью исключить повтор информации в документах;

– иметь возможность контролировать процесс принятых решений и получать данные об отклонениях и сбоях системы от полученных показателей эффективности ее функционирования [5–7].

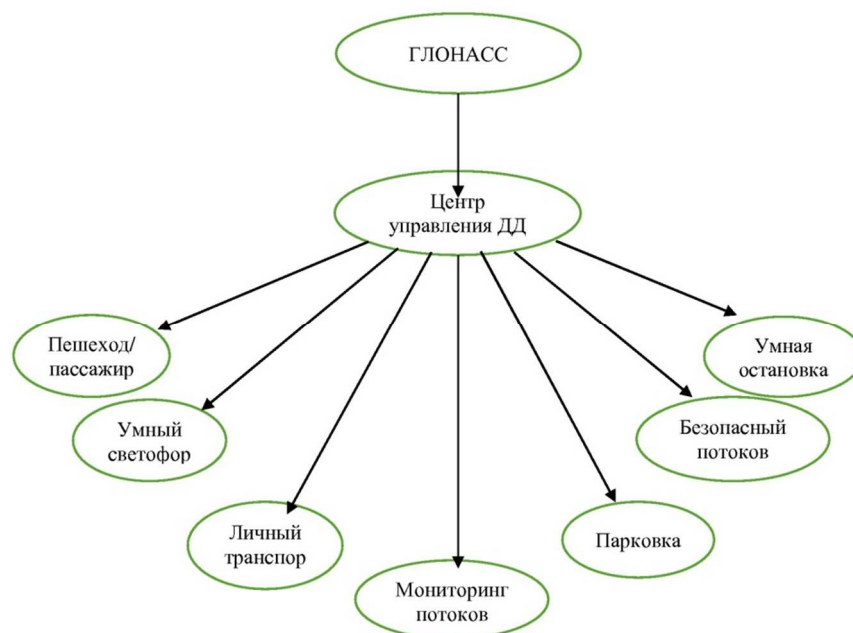


Рисунок 1 – Работа интеллектуальной системы

Роль информационных технологий в жизни общества возрастает, и в связи с этим в управлении городом используется много прикладных решений. Сегодня используют новый термин, который характеризуют такой образ жизни называется «Умный город». Это новое интерактивное системное устройство, включающие датчики высокой скорости, беспроводные и проводные сети. Но сегодня традиционные методы городского управления и планирования, к сожалению, устаревают и становятся бесполезными. Связанно это с тем, что они не успевают за развитием города и довольно быстрым темпом жизни. Такие устройства постоянно контролируют все объекты инфраструктуры и показатели, чтобы быстро отреагировать на проблему или предотвратить ее. Однако такие системы «умных городов» бывают различными. В некоторых городах главной целью является улучшение экологической устойчивости, а в других задачей выступает совершенствование транспортной структуры [8–12].

Важнейшим элементом умного города является транспортная система. Актуальным остаётся то, что в городе постоянно возрастает количество автомобилей нельзя не сказать о значительной роли транспортной системы в развитии современного Краснодара. Краевая столица сталкивается с проблемами современного города. Это и тяжелая транспортная ситуация на дорогах города, и проблема озеленения и зеленых зон, и даже застройка многоэтажными зданиями и сооружениями. В Краснодаре, важными точками являются: вокзалы, мосты, аэропорт, различные транспортные узлы. Когда начинают оптимизировать движение, то забывают, о том, что в такой системе самое главное - развитие общественных пространств, таких как набережная реки Кубань, Театральная площадь, различные парки и т.д. Сейчас остро стоит вопрос о необходимости решить проблему создания интеллектуальной системы управления дорожным движением. Конечно, потребуется большое финансирование, но эффект от внедрения такой системы будет огромным.

Пример оснащения троллейбусов или установки парковочных автоматов всего лишь шаг к совершенствованию системы городского транспорта. Существует много вопросов, связанных с реализацией проекта, таких как: контроль платежей, технические проблемы с работой терминалов и т.д. Тогда, когда дороги свободны, а именно в ночное время, автомобили движутся с нарушением скоростного режима. Для устране-

ния проблемы можно воспользоваться разработкой итальянцев – системой Safety Tutor. Ее главной задачей является определение средней скорости на участках дороги и система работает в любых погодных условиях. После определения средней скорости автомобиля на дальних дистанциях система как бы «запоминает» тех, чья скорость была выше разрешенной. Тормозить перед камерой уже будет нецелесообразно, необходимо будет постоянно следить за соблюдением правил и, конечно же, скоростного режима. Так за первые 12 месяцев работы этой системы в Италии смертность снизилась на 48 %, несчастные случаи с травмами – на 23 % [2].

Подводя итоги, важно сказать что, несмотря на все проблемы и противоречия транспортной системы города Краснодара, положительная динамика изменений транспортной системы города подводит к ее автоматизации и созданию сложной интеллектуальной системы, которая способна решать острые проблемы, связанные с транспортом.

Литература

1. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПИУТ»; Ответственный за выпуск Е.Е. Витвицкий. – 2015. – С. 74–77.
2. Особенности маркетинговых исследований на рынке пассажирских перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2015. – № 4. – С. 89–93.
3. 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.
4. 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.
5. Котенкова И.Н., Сенин И.С. Использование различных методик обучения вождению при подготовке водителей категории «В» в автошколах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 2. – С. 82–93.
6. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Транспортно-логистические центры в региональной транспортно-логистической системе // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2013. – № 2. – С. 311–313.
7. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
8. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
9. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
10. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.

References

1. Research of the transportation market by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: International scientific and practical Conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of SibADI). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». SibADI, Department of «OPIUT»; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky. – 2015. – P. 74–77.
2. Features of marketing research in the market of passenger transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – P. 89–93.
3. The 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.

4. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Mironova M.P. Improvement of methods of optimization of transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
5. Kotenkova I.N., Senin I.S. The use of various methods of teaching driving in the training of drivers of category «B» in driving schools // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Environmental protection, transport, life safety. – 2013. – № 2. – P. 82–93.
6. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Transport and logistics centers in the regional transport and logistics system // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2013. – № 2. – P. 311–313.
7. Evaluation of design solutions in transport. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
8. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows. Textbook. – Krasnodar, 2017.
9. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes. Textbook. – Krasnodar, 2018.
10. Analysis of the work of transport systems. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.

УДК 656.073

**К ВОПРОСУ О ПОКАЗАТЕЛЯХ КАЧЕСТВА
НА ГОРОДСКОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ**



**ON THE ISSUE OF QUALITY INDICATORS
IN URBAN PASSENGER TRANSPORT**

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Арешкина А.Е.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены показатели качества на городском пассажирском транспорте. В настоящее время все более актуальным становится внедрение и развитие городского пассажирского транспорта на территории субъектов страны. Данной тенденции способствуют многие факторы, одни из которых: рост численности населения, расширение территории субъектов, а так же увеличение зон застройки и последующая сегментация территории.

Ключевые слова: транспорт, показатели качества, пассажирский транспорт, транспортная инфраструктура.

Konovalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Areshkina A.E.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Annotation. In this article, the authors consider the quality indicators in urban passenger transport. Currently, the introduction and development of urban passenger transport on the territory of the country's constituent entities is becoming increasingly relevant. Many factors contribute to this trend, some of which are: population growth, expansion of the territory of the subjects, as well as an increase in development zones and subsequent segmentation of the territory.

Keywords: transport, quality indicators, passenger transport, transport infrastructure.

В настоящее время все более актуальным становится внедрение и развитие городского пассажирского транспорта на территории субъектов страны. Данной тенденции способствуют многие факторы, одни из которых: рост численности населения, расширение территории субъектов, а так же увеличение зон застройки и последующая сегментация территории.

Работа пассажирского внутригородского сообщения базируется в первую очередь на запросах потребителя, диктующих как и необходимость внедрения маршрута в систему пассажирского сообщения в городе, так и некоторые факторы, характеризующие удобство пользования городским пассажирским сообщением [1–4].

Как правило пассажиров мало интересуют затраты транспортных предприятий на обслуживание подвижного состава, а интересуют и привлекают следующие минимальные факторы, отвечающие за удовлетворенность потребителей услуг пассажирских перевозок: сроки поездки, ее безопасность, гарантия совершения поездки, доступность, удобство и возможность получения достоверной информации о совершении поездки и маршруте. Необходимым фактором при оценке качества регулярных пассажирских перевозок является применение соответствующей системы формирования и оценки качества [5–10].

Проанализировать, удовлетворенность качеством перевозок можно прибегая к следующим методам оценки представленных на рисунке 1.

Проанализировав удовлетворенность качеством перевозок на городском пассажирском транспорте можно выделить следующие наиболее востребованные потребителями показатели качества на пассажирском транспорте:

- комфортность поездки;
- безопасность поездки;
- доступность;
- уровень информационного сервиса;
- стоимостный показатель.



Рисунок 1 – Методы оценки удовлетворенности качеством перевозок на городском пассажирском транспорте

Рассмотрим применение показателей качества на примере внутригородского пассажирского сообщения на маршруте № 2Е города Краснодар, следующего по автобусному маршруту Железнодорожный вокзал «Краснодар 1» – Троллейбусное депо № 1.

Показатель комфортности и безопасности поездки можно улучшить, применив методы повышения квалификации обслуживающего персонала; замены подвижного состава, включающего оснащённость его салона комфортными сиденьями, планировкой салона, позволяющей пассажирам комфортно передвигаться и находиться внутри автобуса, функцией поддержания комфортной температуры в салоне, а так же возможность предоставления дополнительных услуг в виде источников электроэнергии для зарядки гаджетов и возможности самообслуживания посредством введения бесконтактной оплаты [11–13].

Для повышения данных показателя качества на автобусном маршруте № 2Е необходимо заменить имеющийся подвижной состав на подвижной состав оснащённый дополнительными услугами, организовать и осуществить курсы по повышению квалификации водителей, а так же кондукторов.

Показатель доступности характеризует возможность пассажиров достигнуть остановочного пункта, включенного в маршрут движения автобуса, затратив меньшее количество времени.

Для удовлетворения данного показателя необходимо проанализировать маршрут, расположение остановочных пунктов, а так же основные точки скопления людей. Основываясь на полученных данных, включить или организовать обслуживающие данные точки остановочные пункты в автобусный маршрут № 2Е.

Уровень информационного сервиса представляет собой оснащённость подвижного состава информационными ресурсами для пассажиров и включает в себя:

- информацию об организации, предоставляющей услуги перевозки пассажиров общественным транспортом;
- информацию об страховой компании, с которой был заключен договор страхования организацией;
- информацию о тарифе за 1 проезд и провоз 1 места багажа;
- информацию о маршруте, а так же остановочных пунктах обслуживаемых на данном маршруте;
- информация об средствах помощи при возникновении чрезвычайных ситуаций (аптечка, огнетушитель);
- информация о формах оплаты;
- информация о правилах пользования общественным транспортом, а так же о правилах поведения в транспортном средстве;
- дополнительная информация (рекламные интеграции, информация связанная с изменениями правил перевозки или изменения маршрута).

Достигнуть роста показателей качества информационного сервиса на автобусном маршруте № 2Е можно путем внедрения информационных щитков или стендов, а так же установкой цифровых экранов и звуковых «оповестителей».

Стоимость проезда на городском пассажирском транспорте определяется по следующим факторам:

- дальность маршрута;
- установленная в данном субъекте себестоимость перевозки внутригородским пассажирским транспортом;
- тип и модель применяемых автобусов;
- статус пассажира (взрослый, детский, студенческий, пенсионный).

Так как в городском сообщении предусмотрена установка тарифов и льгот органами местной власти, наиболее эффективными для повышения показателя стоимости будет являться увеличение длины маршрута, замена подвижного состава для обеспечения большей вместимости пассажиров, внедрение льгот основанных на статусе пассажира (взрослый, детский, студенческий, пенсионный), а так же увеличение качества обслуживания и предоставляемых услуг, что приведет к большей привлекательности данного маршрута для пассажиров.

Литература

1. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПИУТ»; Ответственный за выпуск Е.Е. Витвицкий. – 2015. – С. 74–77.
2. Особенности маркетинговых исследований на рынке пассажирских перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2015. – № 4. – С. 89–93.
3. 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.
4. 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.
5. Котенкова И.Н., Сенин И.С. Использование различных методик обучения вождению при подготовке водителей категории «В» в автошколах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 2. – С. 82–93.
6. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Транспортно-логистические центры в региональной транспортно-логистической системе // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2013. – № 2. – С. 311–313.
7. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
8. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
9. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
10. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
11. Оценка эффективности международных перевозок в транспортно-логистических системах региона: монография / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2021. – 180 с.

References

1. Research of the transportation market by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: International scientific and practical Conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of SibADI). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». SibADI, Department of «OPIUT»; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky. – 2015. – P. 74–77.

2. Features of marketing research in the market of passenger transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – P. 89–93.
3. The 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.
4. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Mironova M.P. Improvement of methods of optimization of transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
5. Kotenkova I.N., Senin I.S. The use of various methods of teaching driving in the training of drivers of category «B» in driving schools // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Environmental protection, transport, life safety. – 2013. – № 2. – P. 82–93.
6. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Transport and logistics centers in the regional transport and logistics system // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2013. – № 2. – P. 311–313.
7. Evaluation of design solutions in transport. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
8. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows. Textbook. – Krasnodar, 2017.
9. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes. Textbook. – Krasnodar, 2018.
10. Analysis of the work of transport systems. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
11. Evaluation of the efficiency of international transportation in the transport and logistics systems of the region: monograph / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2021. – 180 p.

УДК 656.073

ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ



REQUIREMENTS FOR ENSURING ROAD SAFETY OF LOW-MOBILITY GROUPS OF THE POPULATION

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Тимофеева Т.Н.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены основные требования к обеспечению безопасности дорожного движения маломобильных групп населения. Обеспечение безопасности дорожного движения маломобильных групп населения является одной из задач безопасного движения на дорогах. Среда обитания человека является совокупностью факторов и условий, которые необходимы для его жизнедеятельности. Современный мир наполнен физическими и символическими барьерами. Можно выделить несколько основных принципов безбарьерной среды: комфортность, информативность, доступность и безопасность. Проблемы доступности городской инфраструктуры для людей с ограниченными возможностями становятся препятствием на пути к независимой и безопасной жизни.

Ключевые слова: транспорт, безбарьерная среда, безопасности дорожного движения, маломобильная группа населения, транспортная инфраструктура.

Konovalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Timofeeva T.N.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Annotation. In this article, the authors consider the basic requirements for ensuring road safety of low-mobility groups of the population. Ensuring road safety for low-mobility groups of the population is one of the tasks of safe traffic on the roads. The human habitat is a set of factors and conditions that are necessary for his life. The modern world is filled with physical and symbolic barriers. There are several basic principles of a barrier-free environment: comfort, informativeness, accessibility and safety. The problems of accessibility of urban infrastructure for people with disabilities are becoming an obstacle to an independent and safe life.

Keywords: transport, barrier-free environment, road safety, low-mobility population, transport infrastructure.

Среда обитания человека является совокупностью факторов и условий, которые необходимы для его жизнедеятельности. Современный мир наполнен физическими и символическими барьерами. Можно выделить несколько основных принципов безбарьерной среды: комфортность, информативность, доступность и безопасность. Проблемы доступности городской инфраструктуры для людей с ограниченными возможностями становятся препятствием на пути к независимой и безопасной жизни [1–3].

Обеспечение безопасности дорожного движения маломобильных групп населения является одной из задач безопасного движения на дорогах.

Актуальной проблемой в России в настоящее время является обеспечение свободного передвижения маломобильных групп населения. Эту проблему изучают ученые в России и за рубежом.

В статье К.А. Мелконян и С.Г. Ажгихина «Безбарьерная среда. Особенности проектирования «Доступной среды»», описаны общие требования, которые предъявляются к входным группам при устройстве объектов «доступной среды». Авторы уделяют особое внимание пандусам в дошкольных учреждениях. Их значению, специфике и установке.

Поверхность поручней пандусов должна быть строго параллельна поверхности самого пандуса с учетом примыкающих к нему горизонтальных участков. Поручни

должны быть круглого сечения диаметром не менее 30 мм (поручни для детей) и не более 50 мм (поручни для взрослых) или прямоугольного сечения толщиной от 25 до 30 мм диаметр поручней для взрослых – 40 мм. Расстояние между поручнем и стеной в свету должно быть не менее 40–45 мм. Поручни должны быть надежно и прочно закреплены. Они не должны поворачиваться или смещаться относительно крепежной арматуры. Конструкция поручней должна исключать возможность травмирования людей. Необходимо обеспечить отсутствие выступающих элементов, способных поранить или зацепить передвигающегося при касании. Концы поручней должны быть либо скруглены, либо прочно прикреплены к полу, стене или стойкам, а при парном их расположении – соединены между собой. Высота охватываемой поверхности поручня должна быть: для верхнего поручня – 900 мм (поручень для взрослых); для нижнего поручня – 700–750 мм (поручень для подростков и детей). Для детей дошкольного возраста поручень устанавливается на высоте 500 мм. Поверхность поручня перил с внутренней стороны лестниц, доступных для инвалидов, и поверхность поручней пандусов должны быть непрерывными по всей длине. Поверхность захвата поручня не должна перекрываться стойками, другими конструктивными элементами или препятствиями. Должна быть обеспечена стабильная фиксация руки для каждой конкретной ситуации в процессе пользования.

Проводят исследования в нескольких учреждениях дошкольного образования и выявляют многочисленные ошибки: ненормативные пандусы, неправильное исполнение поручней и т.п. Поэтому, не смотря на результаты, которые уже были достигнуты в области адаптации зданий и сооружений для маломобильных граждан населения проблем остается еще очень много. Основная из которых связана даже не проектированием и строительством, а с сознанием людей [4–6].

В журнале «Наука XXI века: вопросы, гипотезы, ответы» была опубликована статья Олейник Е.В., Каукина М.П. по теме: «Создание доступной среды для инвалидов как приоритетное направление государственной социальной политики». В данной статье приводится хронология принятых законов о беспрепятственном доступе инвалидов к объектам транспортной инфраструктуры, начиная с 1995 года по настоящее время. Проводится анализ улучшения доступности и безопасного перемещения граждан к местам общего пользования.

Нормативные требования к обеспечению «безбарьерной среды» в городах представлены в следующих нормативно-правовых документах:

- ГОСТ Р 51630-2000 «Платформы подъемные с вертикальными и наклонным перемещением для инвалидов. Технические требования доступности»;
- ГОСТ Р 51648-2000 «Сигналы звуковые и осязательные, дублирующие сигналы светофора, для слепых и слепоглухих людей»;
- ГОСТ 51256-99 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Типы и основные параметры. Общие технические требования»;
- ГОСТ 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств»;
- ГОСТ 51630-2000 «Платформы подъемные с вертикальным и наклонным перемещением инвалидов. Технические требования доступности»;
- ГОСТ 52875-2018 «Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению. Технические требования»;

Согласно Государственной программе Российской Федерации «Доступная среда» 2011–2020 г., главной ее целью является формирование условий для обеспечения равного доступа маломобильных групп населения наравне с другими группами граждан, к беспрепятственному использованию транспорта, информационных ресурсов, систем связи и различных видов услуг.

Сегодня в центре внимания задачи, направленные на комплексные решения проблем маломобильных групп населения. За годы реализации программы накоплен громадный опыт, позволяющий отобрать для дальнейшего внедрения и тиражирования лучшие технические решения, практики, технологии, проверенные на практике и получившие положительное заключение экспертного сообщества [7–11].

За неполные 10 лет программы сделано многое:

- Создана достаточная база в области доступной среды.

На основании полученного на практике опыта, реализации принятых законов были сделаны выводы о том, какие корректировки необходимы в принятых нормативных документах.

- Удалось существенно изменить отношение общества к маломобильным группам населения.

В сознание людей закрепились четкое понимание того, что все люди имеют равные права. Сегодня с факторами дискриминации по этому признаку мы встречаемся все реже.

- Создание актуального, современного Фонда документов национальной системы стандартизации завершается.

По результатам анализа существующих документов, специалистами приняты решения, которые позволят в ближайшие два года убрать устаревшие стандарты, исключить противоречивые или устаревшие требования, также, завершить разработку новых стандартов, которые будут востребованы.

- Изменилось отношение к проблемам обеспечения свободного передвижения в городах. Уровень доступности для маломобильных групп населения

- СП 59.13330.2020: Свод правил доступность зданий и сооружений для МГН.

Действующий свод правил предназначается для разработки проектных решений, которые должны обеспечивать для маломобильных групп населения – равные условия. Также свод затрагивает проектирование общественных зданий открытого доступа для всех групп населения.

- СП 136.13330.2012: Здания и сооружения. Общие положения проектирования с учетом доступности для маломобильных групп населения (с Изменением № 1)

В СП установлены общие требования для всех объектов проектирования, доступных для маломобильных групп населения.

- СП 137.13330.2021: Жилая среда с планировочными элементами, доступными инвалидам. Правила проектирования (с Изменением № 1).

Свод правил распространяется на проектирование жилых домов массового строительства, гостиниц, жилых частей общежития, домов отдыха, семейных детских домов, пансионатов и других зданий временного пребывания, а также жилых помещений в составе других общественных зданий с целью обеспечения условий проживания инвалидов [12–13].

- СП 139.13330.2012: Здания и помещения с местами труда для инвалидов. Правила проектирования (с Изменением № 1)

В своде правил даны рекомендации по проектированию предприятий различных отраслей промышленности, ремонтных предприятий, где имеются рабочие места пригодные, по медицинским показателям, для инвалидов и граждан пожилого возраста. На предприятиях, где могут быть организованы отдельные рабочие места для инвалидов, такие как: административно-управленческие, проектные и научно-исследовательские, должны быть соблюдены рекомендации из данного СП.

Литература

1. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПИУТ»; Ответственный за выпуск Е.Е. Витвицкий. – 2015. – С. 74–77.
2. Особенности маркетинговых исследований на рынке пассажирских перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2015. – № 4. – С. 89–93.
3. 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.

4. 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.
5. Котенкова И.Н., Сенин И.С. Использование различных методик обучения вождению при подготовке водителей категории «В» в автошколах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 2. – С. 82–93.
6. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Транспортно-логистические центры в региональной транспортно-логистической системе // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2013. – № 2. – С. 311–313.
7. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
8. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
9. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
10. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
11. Оценка эффективности международных перевозок в транспортно-логистических системах региона: монография / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2021. – 180 с.

References

1. Research of the transportation market by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: International scientific and practical Conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of SibADI). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». SibADI, Department of «OPIUT»; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky. – 2015. – P. 74–77.
2. Features of marketing research in the market of passenger transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – P. 89–93.
3. The 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.
4. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Mironova M.P. Improvement of methods of optimization of transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
5. Kotenkova I.N., Senin I.S. The use of various methods of teaching driving in the training of drivers of category «B» in driving schools // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Environmental protection, transport, life safety. – 2013. – № 2. – P. 82–93.
6. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Transport and logistics centers in the regional transport and logistics system // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2013. – № 2. – P. 311–313.
7. Evaluation of design solutions in transport. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
8. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows. Textbook. – Krasnodar, 2017.
9. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes. Textbook. – Krasnodar, 2018.
10. Analysis of the work of transport systems. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
11. Evaluation of the efficiency of international transportation in the transport and logistics systems of the region: monograph / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2021. – 180 p.

УДК 656.073

ЭКСПЕДИРОВАНИЕ В ЛОГИСТИКЕ



FORWARDING IN LOGISTICS

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Лебедев Е.А.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Соскова В.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены вопросы экспедирования в логистике. Сегодня в мире сложился единый транспортный комплекс в форме кооперации деятельности небольшого числа мощных транспортных и транспортно-экспедиционных компаний и сотен тысяч средних и мелких экспедиторских фирм и транспортных предприятий.

Ключевые слова: транспорт, логистические методы, транспортно-пересадочные узлы, транспортная инфраструктура, транспортно-экспедиционная деятельность.

Konovalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Lebedev E.A.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Soskova V.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Annotation. In this article, the authors consider the issues of forwarding in logistics. Today, a single transport complex has developed in the world in the form of cooperation between the activities of a small number of powerful transport and forwarding companies and hundreds of thousands of medium and small forwarding firms and transport enterprises.

Keywords: transport, logistics methods, transport hubs, transport infrastructure, freight forwarding activities.

Сегодня в мире сложился единый транспортный комплекс в форме кооперации деятельности небольшого числа мощных транспортных и транспортно-экспедиционных компаний и сотен тысяч средних и мелких экспедиторских фирм и транспортных предприятий. По данным международной Федерации экспедиторских ассоциаций, в мире действует 35 тысяч крупных и средних экспедиторских фирм с персоналом общей численностью около 8 млн человек.

Основным субъектом, предъявляющим груз перевозчикам, стал экспедитор. Экспедиторы контролируют около 60 % перевозок магистральными видами транспорта и до 75 % международных перевозок. Экспедитор становится держателем логистической системы, обеспечивающей прогнозирование и планирование перевозок, слежение за движением транспортных средств, контейнеров, за временем доставки товара, оптимизацией передвижения грузов и хранения сырья, материалов и готовых изделий [1–4].

Процесс транспортно-экспедиционного обслуживания основывается, в настоящее время, на создании и использовании логистических транспортно-распределительных сетей, которые создаются между производителями продукции, экспедиторами и торгующими организациями и составляют основу рациональной системы товародвижения.

Ужесточение и усиление конкуренции приводит к тому, что повышенное внимание уделяется уровню предоставляемого сервиса. Это характерно и для рынка транспортных услуг, на котором формируется и реализуется логистический сервис в процессе организации и осуществления грузоперевозок.

Деятельность компании на рынке обуславливается ее основной целью – миссией, определяющей ее деловую активность, поведение на рынке и ведущей к ее финансовому благополучию и стабильности.

Жесткая конкуренция на рынке, появление новых, более дешевых и достаточно эффективных разработок, заставляют пересмотреть существующие принципы функционирования компании. Многие устоявшиеся понятия и принципы работы, которые были вполне приемлемыми и устраивали руководство компаний, начинают заметно тормозить развитие бизнеса и требуют детального анализа и пересмотра с целью их совершенствования. Для сохранения своих рыночных позиций компаниям необходимо предпринимать определенные меры в направлении повышения уровня технологичности и эффективности бизнес-процессов. Появляется настоятельная необходимость изыскания дополнительных возможностей, дальнейшего снижения уровня затрат и себестоимости продукции, повышения уровня качества обслуживания потребителей, реорганизации и реструктуризации компании с целью повышения эффективности бизнеса.

Целью формирования систем транспортного обслуживания является доставка грузов «just in time» – точно в срок при минимальных затратах трудовых и материальных ресурсов. Поставка материалов, сырья, готовой продукции точно в срок оказывает благоприятное влияние на функционирование всей экономической системы и позволяет существенно сократить запасы на складах промышленных и торговых предприятий.

Все это в полной мере работает на потребителя. Профессор Л.Б. Миротин считает, что реализация функций сбыта в сфере транспортно-экспедиционного обслуживания (далее ТЭО) осуществляется через соблюдение шести условий: груз, качество, количество, время, затраты и пункт назначения. Для достижения нужных результатов – оптимизируют материальные потоки, осуществляется комплекс мероприятий по рационализации тары и упаковки, унификации грузовых единиц, в том числе пакетизации и контейнеризации перевозок, реализации эффективной системы складирования, оптимизации величины заказов и уровня запасов, планирования лучших маршрутов перемещения грузов на складских объектах предприятий и за их пределами на магистральном транспорте [5–8].

То, что раньше у нас было принято называть ТЭО, сейчас чаще называют логистикой, хотя в рамках процессов, связанных с организацией перевозок, хранения и переработки грузов, оба термина тождественны. Но, в силу роста популярности и распространения данного термина в современном мире, мы не можем не рассмотреть его. Существует несколько десятков определений понятия «логистика», но наиболее приемлемым, на наш взгляд, является определение, данное Л.Б. Миротиным. Логистика – это искусство доставлять товары в требуемом количестве к определенному моменту времени наиболее быстрым и требующим наименьших затрат способом в целостности и сохранности в пункт назначения. Из этого определения следует, что для достижения цели логистики необходима четкая организация планирования и управления производством, подготовкой товара к транспортировке и его доставка потребителю в определенное время и в необходимом количестве. А в европейской системе ТЭО логистика выступает как составляющая цепочки предоставляемых услуг: клиент – логистическая компания – владелец или водитель транспортного средства (далее ТС).

Основой для планирования деятельности ТЭП является использование так называемого системного подхода, при котором различные функции рассматриваются как взаимосвязанные и взаимодействующие элементы системы. Работа одних элементов системы логистики влияет на работу и эффективность других ее элементов. Системный подход предполагает оптимизацию всей системы, а не каких-либо отдельных ее частей [9–12].

В рамках логистических технологий дисциплина ТЭО определяется не заявкой отдельного отправителя или получателя на перевозку, а оптимальным соотношением затрат и прибыли на цикл «производство-потребление».

Логистические системы обеспечивают материало- и товародвижение, как правило, грузов высокой стоимости и широкой номенклатуры. Повышение эффективности материало- и товародвижения достигается за счет унификации и укрупнения грузовых единиц. Разработка оптимальных схем перевозок (оптимальных логистических цепочек) является предметом транспортной логистики, что, в принципе, всегда было основной задачей и ТЭП, и это является подтверждением того, что понятия «логистика» и «транспортная экспедиция» выступают синонимами и могут употребляться в равной степени при рассмотрении организации систем транспортного обслуживания.

Исходя из принципов организации транспортировки грузов, можно дать следующее определение «системы транспортного обслуживания» – это комплексная транспортно-логистическая система, сформированная в рамках транспортно-экспедиционного предприятия, направленная на эффективную деятельность, связанную с планированием и организацией рациональной доставки грузов, контролем выполнения согласованного графика перевозки, комплексным транспортным обслуживанием клиентов, и обеспечивающая юшентам оптимизацию затрат на транспортно-экспедиционное обслуживание при высоком качестве данных услуг. Составляющими компонентами транспортной системы обслуживания выступают транспортно-экспедиционные предприятия и услуги, предоставляемые этими предприятиями. Транспортно-экспедиционное предприятие – это самостоятельная организация, предоставляющая комплекс транспортно-экспедиционных услуг.

«Экспедиторские и логистические услуги – это любого вида услуги, относящиеся к перевозке (одним или несколькими видами транспорта), консолидации, хранению, обработке, упаковке, вывозу, завозу товаров, равным образом, как и вспомогательные и консультативные услуги, связанные с предоставлением вышеперечисленных услуг, включая (но не ограничивая) услуги, касающиеся таможенных и налоговых дел, декларирования товаров, обеспечения страхования товаров, производства платежных операций с товарами и сбора относящихся к ним документов. Экспедиторские услуги включают в себя также логистические услуги с их современными информационными и коммуникационными технологиями, связанными с перевозкой, обработкой или хранением товаров, и фактически полностью охватывают всю систему управления перемещением товаров».

По мнению Л.Ф. Суховой под транспортно-экспедиционными услугами следует понимать сопутствующие перевозочному процессу операции или работы. Эти операции включают доставку материалов, складирование и хранение, упаковку и агрегирование, а также перевозку любым видом транспорта.

Правилами транспортно-экспедиционной деятельности Российской Федерации транспортно-экспедиционные услуги определены как услуги по организации перевозки груза, заключению договоров перевозки груза, обеспечению отправки и получения груза, а также иные услуги, связанные с перевозкой груза.

Еще одной важной составляющей системы ТЭО является экспедитор. Согласно Общим условиям транспортной экспедиции АМЭР (Ассоциация международных экспедиторов России) экспедитор – это субъект предпринимательской деятельности, действующий на основании договора транспортной экспедиции по указаниям, в интересах и за счет Заказчика и обеспечивающий исполнение комплекса операций транспортно-экспедиционного обслуживания на период перевозки грузов. Но существуют и другие определения данного понятия. Так, например, в правилах транспортно-экспедиционной деятельности Республики Беларусь экспедитор – это субъект хозяйствования, организующий за вознаграждение за счет заказчика от своего имени экспедирование грузов, а также выполняющий или обеспечивающий выполнение иных действий, предусмотренных договорами на транспортно-экспедиционное обслуживание».

СМ. Резер, ссылаясь на торговый кодекс ФРГ называет экспедитором того, кто профессионально берет на себя заботу об отправке груза через перевозчика за счет грузоотправителя или другого лица и от своего имени. Он должен быть специалистом, который организует перевозку груза из одной точки земного шара в другую. В литературе западноевропейских стран по организации международных перевозок распространено определение экспедитора как архитектора транспортного процесса.

Обобщая вышеприведенные понятия «экспедитор» получаем, что он должен знать, какой вид транспорта следует выбрать, где и к кому он может обратиться с поручением на перевозку груза, на какие условия следует обратить внимание, что может произойти в процессе транспортировки груза. Экспедитор должен хорошо знать преимущества используемых транспортных средств, действующие тарифы на всех видах транспорта, уровень ставки фрахта, характер и особенности перевозимого груза. Экспедитор должен быть одновременно и банковским специалистом, и специалистом по страхованию, и частично юристом [13–14].

В большинстве стран в функции экспедитора входит весь комплекс работ по подготовке товара к отправке. Наиболее распространенными транспортно-экспедиционными операциями являются: прием груза от отправителя и доставка его до места погрузки или на склад; погрузка на автомобили; выписка товарно-транспортных или таможенных документов, а также осуществление таможенных формальностей; хранение и сортировка грузов на складе; комплектация мелких партий грузов и их отгрузка в автомобили; упаковка и переотправка грузов; производство расчетов с перевозчиками, таможенными и другими органами; согласование перевозок опасных, негабаритных и тяжеловесных грузов и предоставление специального подвижного состава для их осуществления; планирование и подача транспортных средств под вывоз импортных грузов; организация аренды и лизинга грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов, оформление таможенных и других формальностей; сдача груза получателям; переупаковка товаров; диспозиция подвижного состава (уведомление об отправлении, местонахождении, прибытии грузов) и т.д.

Таким образом, роль и функции экспедитора графически можно представить следующим образом (рис. 1).

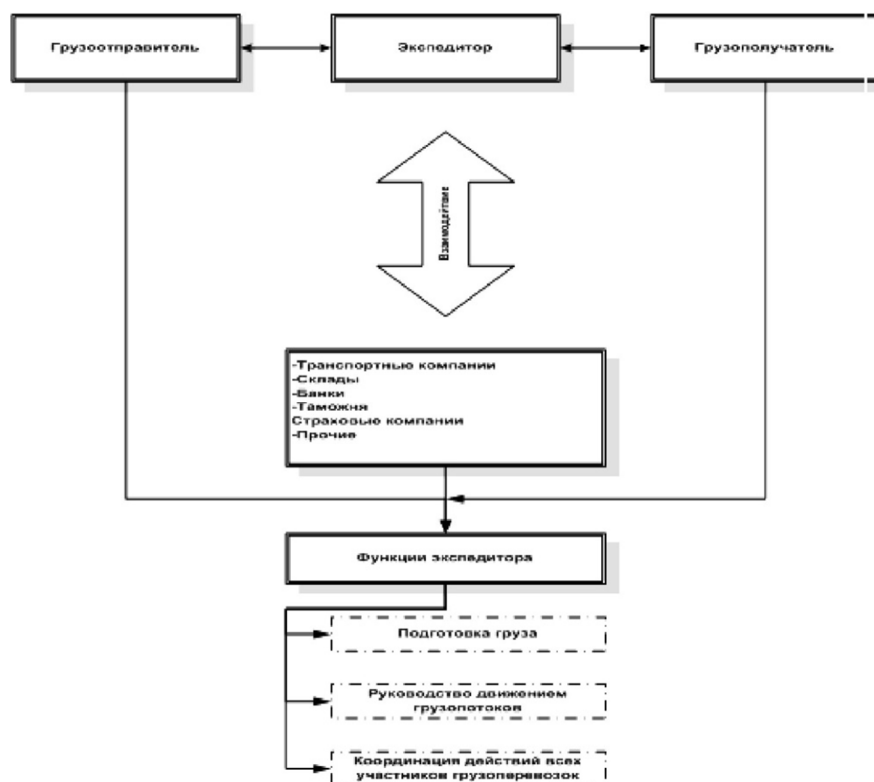


Рисунок 1 – Роль и функции экспедитора

Для обеспечения надежных, устойчивых и оптимально функционирующих систем «снабжение – производство – распределение – потребление» необходимы транспортные предприятия обеспечивающие помимо процесса перевозки дополнительные функции. И именно транспортно-экспедиционные предприятия призваны осуществить задачу такого распределения.

Внедрение логистических технологий на транспорте позволит увеличить объемы перевозок и доходы компаний за счет более полного транспортно-экспедиционного обслуживания, предоставления дополнительных услуг, мониторинга и маркетинга транспортного обслуживания, в том числе за счет применения более современных технологий и математических моделей оптимизации грузовых операций, исходя из критерия максимальной доходности транспортно-экспедиционной деятельности.

Логистический системный подход к выполнению транспортно-экспедиционных услуг позволит внедрить на транспорте ресурсосберегающие технологии.

Литература

1. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ»; Ответственный за выпуск Е.Е. Витвицкий. – 2015. – С. 74–77.
2. Особенности маркетинговых исследований на рынке пассажирских перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2015. – № 4. – С. 89–93.
3. 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.
4. 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.
5. Котенкова И.Н., Сенин И.С. Использование различных методик обучения вождению при подготовке водителей категории «В» в автошколах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 2. – С. 82–93.
6. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Транспортно-логистические центры в региональной транспортно-логистической системе // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2013. – № 2. – С. 311–313.
7. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
8. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
9. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
10. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
11. Оценка эффективности международных перевозок в транспортно-логистических системах региона: монография / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2021. – 180 с.
12. Изюмский А.А., Сенин И.С. Организация перевозок специфических видов грузов // Пособие для студентов направления подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов, магистрантов, аспирантов, специалистов автотранспортной отрасли, городского хозяйства и муниципальных образований. – Краснодар, 2019.

References

1. Research of the transportation market by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: International scientific and practical Conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of SibADI). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». SibADI, Department of «OPIUT»; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky. – 2015. – P. 74–77.
2. Features of marketing research in the market of passenger transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – P. 89–93.
3. The 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.
4. Konovalova T.V., Nadiryanyan S.L., Mironova M.P. Improvement of methods of optimization of transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
5. Kotenkova I.N., Senin I.S. The use of various methods of teaching driving in the training of drivers of category «B» in driving schools // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Environmental protection, transport, life safety. – 2013. – № 2. – P. 82–93.
6. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Transport and logistics centers in the regional transport and logistics system // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2013. – № 2. – P. 311–313.

7. Evaluation of design solutions in transport. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
8. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows. Textbook. – Krasnodar, 2017.
9. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes. Textbook. – Krasnodar, 2018.
10. Analysis of the work of transport systems. Textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
11. Evaluation of the efficiency of international transportation in the transport and logistics systems of the region: monograph / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2021. – 180 p.
12. Izyumsky A.A., Senin I.S. Organization of transportation of specific types of cargo // Manual for students of the training direction 23.03.01 Technology of transport processes, undergraduates, postgraduates, specialists of the motor transport industry, urban economy and municipalities. – Krasnodar, 2019.

УДК 656.073

ВЛИЯНИЕ ПАНДЕМИИ COVID-19 НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ СФЕРУ



THE IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC ON THE EDUCATIONAL SPHERE

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Шевцов Ю.Д.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Миронова М.П.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Шепелева М.Д.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрено влияние пандемии на образовательную сферу. Пандемия COVID-19 оказала огромное влияние на все сферы человеческой жизни. Не обошла она стороной и образовательную деятельность. Весной 2020 года студенты уже находились дома. Именно в этот момент они смогли начать работу на различных платформах онлайн-обучения. В осеннем семестре 2020 года некоторые Высшие учебные заведения полностью вернулись на очную форму обучения, другие остались на онлайн-обучении, а третьи совмещали оба формата.

Ключевые слова: пандемия, педагогические технологии, образование, учебный процесс.

Konovalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Shevtsov Yu.D.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Mironova M.P.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Shepeleva M.D.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Annotation. In this article, the authors consider the impact of the pandemic on the educational sphere. The COVID-19 pandemic has had a huge impact on all spheres of human life. She did not ignore educational activities either. In the spring of 2020, students were already at home. It was at this point that they were able to start working on various online learning platforms. In the fall semester of 2020, some Higher Education institutions fully returned to full-time education, others remained on online training, and still others combined both formats.

Keywords: pandemic, pedagogical technologies, education, educational process.

Пандемия COVID-19 оказала огромное влияние на все сферы человеческой жизни. Не обошла она стороной и образовательную деятельность.

Весной 2020 года студенты уже находились дома. Именно в этот момент они смогли начать работу на различных платформах онлайн-обучения. В осеннем семестре 2020 года некоторые Высшие учебные заведения полностью вернулись на очную форму обучения, другие остались на онлайн-обучении, а третьи совмещали оба формата. Высшее образование претерпело изменения во время пандемии COVID-19.

Больше всего пострадали те виды деятельности, где требовалась высокая отдача, тесно связанная с такими понятиями, как настойчивость, физическое присутствие и мотивация. Вне аудитории студенты много трудятся: выполняют домашнюю работу, примеряют на себя руководящие роли, работают с дополнительными источниками информации. Эти и другие составляющие роста и есть развитие карьеры по окончании учебы. В кабинете также происходят не мало важные действия: общение с единомышленниками, социальное взаимодействие, рассуждение о «подготовке к будущей карьере». Однако главным фактором при оценке очной и дистанционной форм обучения является конечный результат: уровень усвоения информации, полученных теоретических, практических знаний и навыков по определённой специальности. [1]

При переходе университетов на дистанционную форму обучения многие из них, особенно технические и медицинские ВУЗы, столкнулись с рядом сложностей в образовательном процессе, основными из которых являются:

- отсутствие опыта массового внедрения технологий онлайн-доступа к получению образовательных услуг;
- отсутствие цифровых программ многих университетов для проведения онлайн обучения;
- полностью изменённый процесс обучения.

Важно отметить, что подготовка к лабораторным и практическим работам даже в очном формате представляет собой сложность. Студентам необходимо осваивать методику эксперимента на реальной технике, пробовать снимать показатели, записывать параметры, учиться делать это правильно под руководством преподавателя. В настоящее время современные технологии для повышения результативности работы позволяют создавать различные наглядные образцы обучения: лекции, практические занятия, имитационные лабораторные установки, анимационные лекции, видеофильмы.

Как же все-таки происходят лабораторные и практические работы в дистанционном формате? Во-первых, при подготовке к занятию преподавателю необходимо сделать видеозапись правильного проведения исследований на всех лабораторных стендах. Во-вторых, необходимо подробно показать и рассказать методику снятия различных параметров на разных контрольных постах лабораторной установки в процессе выполнения лабораторной работы, сопоставив ее с методикой, изложенной в методических указаниях, которую студенты должны изучить при подготовке к лабораторной работе. В-третьих, подробно должна быть изложена методика обработки результатов эксперимента, их расчета и построение графиков. Таким образом, эффективность изучаемых тем в технических науках будет высокой в том случае, если инновационные технологии будут использоваться в сочетании с работой на реальных образцах техники.

Однако, как показал опыт проведения лабораторных работ в онлайн-режиме, освоить методику проведения экспериментов почти невозможно. Также существуют такие специальности, которые нереально освоить дистанционно. Например, монтажники, электромонтажники, мотористы, хирурги, машинисты, водители, механики, летчики, диагносты, автоэлектрики и т.д. [2].

Также данный дистанционный опыт проведения лабораторных занятий показал, что существенно возрастает трудоемкость подготовки и проведения занятий, увеличиваются временные и физические затраты и на порядок ухудшается качество обучения. Не выполняется главная задача – получение практических навыков работы.

Таким образом, анализ перечисленных факторов позволяет сделать вывод о существенном ухудшении освоения студентами учебного материала при дистанционном формате обучения и снижении возможности объективной оценки знаний студентов. Вынужденный переход на онлайн-обучения значительно сказалась на эффективности обучения в целом.

Литература

1. Коновалова Т.В., Магзумова Н.В., Малука Л.М. Опыт разработки тестовых баз и проведения тестирования как формы оценивания уровня и качества подготовки студентов направления технология транспортных процессов // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2016. – № 4. – С. 22.
2. Исследование результатов реализации электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в ФГБОУ ВО «КубГТУ» / Т.В. Коновалова [и др.] // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2016. – № 10. – С. 73–75.

References

1. Konovalova T.V., Magzumova N.V., Maluka L.M. Experience in the development of test bases and testing as a form of assessing the level and quality of training of students in the field of technology of transport processes // Bulletin of the Donetsk Academy of Road Transport. – 2016. – № 4. – P. 22.
2. Study of the results of the implementation of elearning and distance learning technologies at the «KUBGTU» / T.V. Konovalova [et al.] // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2016. – № 10. – P. 73–75.

УДК 656.138

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**



**PROSPECTS FOR THE USE
OF INFORMATION TECHNOLOGIES TO IMPROVE ROAD SAFETY**

Котенкова И.Н.

Кубанский государственный технологический университет
mys-ka@mail.ru

Миронова М.П.

Кубанский государственный технологический университет
mys-ka@mail.ru

Сенин И.С.

Кубанский государственный технологический университет
mys-ka@mail.ru

Кононыхина Е.С.

Кубанский государственный технологический университет
mys-ka@mail.ru

Аннотация. В данной статье авторы рассмотрели перспективы использования современных цифровых информационных технологий для повышения безопасности дорожного движения. Описаны бортовые системы автомобилей, развитие беспилотного автомобильного транспорта. Так же авторы рассмотрели технологии фиксации нарушений правил дорожного движения.

Ключевые слова: транспорт, движение, информационные технологии, компьютер, система, безопасность, транспортный поток, дорога, пост, нарушение.

Kotenkova I.N.

Kuban State Technological University
mys-ka@mail.ru

Mironova M.P.

Kuban State Technological University
mys-ka@mail.ru

Senin I.S.

Kuban State Technological University
mys-ka@mail.ru

Kononikhina E.S.

Kuban State Technological University
mys-ka@mail.ru

Annotation. In this article, the authors examined the prospects of using modern digital information technologies to improve road safety. The onboard systems of cars, the development of unmanned road transport are described. The authors also considered technologies for fixing traffic violations.

Keywords: transport, traffic, information technology, computer, system, security, traffic flow, road, post, violation.

В результате развития автомобильного транспорта к началу XXI века территория промышленно развитых стран оказалась пронизана транспортными артериями – плотной дорожной сетью. В настоящее время протяженность автомобильных дорог в мире составляет более 15 млн км, в том числе более 1 млн км – на территории Российской Федерации.

Увеличение скорости движения и рост интенсивности транспортного потока провоцируют развитие необходимой информационной поддержки дорожного движения в рамках системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда».

Совершенствование технологий автомобилестроения позволяет передвигаться с большей скоростью, что увеличивает риски совершения дорожно-транспортных происшествий. И особую актуальность приобретает своевременное информирование водителя о дорожных условиях и безопасности движения.

Развитие цифровых информационных технологий позволили фундаментально обеспечить информационное обеспечение дорожного движения.

Современные автомобили оснащены бортовым компьютером, который контролирует работу всех систем автомобиля, а так же анализирует состояние дороги и окружающей среды. Так же многие автомобили имеют встроенные спутниковые навигационные системы, мобильные телефоны, флеш-накопители. Навигационные системы используют электронные карты местности, чтобы определить точное местонахождение автомобиля и составить маршрут движения. Это позволяет сэкономить время и увеличить комфортабельность поездки [1–2].

Оборудование современного автомобиля включает в себя устройства громкой связи (свободные руки). Как правило, устройства для громкой связи для автомобилей включают чувствительный микрофон, который позволяет говорить в машине, не напрягая голос, и удаленную антенну, улучшающую прием.

Однако после внедрения систем громкой связи число дорожно-транспортных происшествий не сократилось: водители, которые общаются по телефону во время вождения, отвлекаются, теряют контроль над автомобилем и позже реагируют на внезапно возникшую опасность. Реакция водителя, говорящего по телефону, замедляется в два раза.

Кроме устройств громкой связи применяются и другие системы, действие которых направлено на повышение безопасности движения.

Технология «голубые глаза» записывает движения глаз водителя и частоту его моргания. Инфракрасная камера контролирует положение глаз, и если система не может найти глазное яблоко, считается, что водитель спит во время движения автомобиля. Затем появится сигнал тревоги, который разбудит водителя и, таким образом, предотвратит одну из самых опасных аварий.

Другой вариант реализации технологии «голубые глаза» – запись радужки водителя по индивидуальной модели, анализ выражения лица. Когда водитель находится за рулем, система автоматически регулирует положение зеркал и сидений. Если водитель нахмурился, система автоматически включит забавную музыку.

Кроме того, для обеспечения безопасности автомобилей предусмотрены системы предупреждения о столкновениях, датчики присутствия автомобиля в слепой зоне, видеосистема, ограничивающая пересечение сплошной или двойной сплошной линии дорожной разметки.

Для дополнительной безопасности движения в задней части автомобиля имеется ряд видеокамер и жидкокристаллических экранов. Камера подключается к заднему номеру автомобиля и передает изображение по беспроводной сети на 2,5-дюймовый экран, установленный на приборной панели.

Так же в задней части автомобиля используется парковочный радар. Принцип работы основан на современной технологии измерения расстояния до препятствия ультразвуковым сигналом. Датчики, установленные рядом с задним бампером и система, указывающая расстояние до препятствия, облегчат парковку и маневрирование в замкнутом пространстве и в темноте. Помимо датчиков, система оснащена индикатором звукового и/или светового расстояния. Они установлены на приборной панели и мгновенно информируют водителя о расстоянии от встречного препятствия [3–4].

Столбы, высокие тротуары, большие предметы, лежащие на земле – все это находится вне поля зрения водителя. В результате – повреждение бампера, случайные царапины, вмятины и затраты на ремонт. Парковочный радар способен своевременно предупредить водителя, когда он приближается не только к большим препятствиям, но и к мелким предметам и объектам малой высоты, что особенно важно в темное время суток.

Адаптивный круиз-контроль может не только поддерживать определенную скорость движения, но и автоматически поддерживать заданное расстояние до переднего автомобиля. Радар, установленный на решетке радиатора, способен распознавать транспортные средства, движущиеся впереди (по той же полосе). Если полоса свободна, система сохраняет заданную скорость. Если радар обнаруживает транспортное средство, движущееся с более низкой скоростью, чем автомобиль, система автоматически уменьшает подачу топлива в цилиндры двигателя и, при необходимости, снижает скорость с помощью работающей тормозной системы.

Применение информационных технологий на транспорте, в организации грузовых пассажирских перевозок, в организации дорожного движения является очень актуальным вопросом. В настоящее время это направление развивается следующим образом:

– развиваются интернет-ресурсы, которые позволяют отслеживать движение городского пассажирского транспорта как по городским маршрутам, так и вне населенных пунктов, а также видеть пробки (в том числе прогнозировать их);

– с учетом параметров трафика разрабатываются автоматизированные системы управления движением с использованием светофоров и дорожных знаков в городе и за его пределами;

– при передаче информации активно развиваются автоматизированные системы видеофиксации и есть общая цифровая сеть: комплексы видеофиксации нарушений правил дорожного движения Российской Федерации с централизованной обработкой информации («Крис», «Арена», «Каскад»);

– информация от стационарных и мобильных постов в сочетании с современным оборудованием, которое позволяет быстро записывать нарушения и провести их анализ: лазерный измеритель скорости и дальности с фотофиксацией идентификации транспортного средства; мобильный комплекс видеофиксации нарушений правил дорожного движения Российской Федерации; спектрофотометрический анализатор алкоголя в выдыхаемом воздухе; электронные карты местности, где с помощью анализа дорожно-транспортных происшествий можно определить лучший маршрут движения;

– введенная автоматизированная система управления информацией и моторизованные патрульные службы, интегрированные в единые системы оповещения и управления чрезвычайными ситуациями, основной целью которых является: информирование о дорожно-транспортных происшествиях; сбор, обработка и хранение аварийной информации, дорожно-транспортных происшествий; взаимодействие с программным обеспечением, информацией; предоставление возможности аналитической обработки информации о дорожно-транспортных происшествиях и чрезвычайных ситуациях.;

– наряду с мобильными системами связи разрабатываются системы мониторинга и планирования безопасного движения грузовых и муниципальных перевозок на базе ГЛОНАСС;

– разработка автоматизированных систем контроля веса унифицированных грузовых перевозок на едином государственном портале. Эти системы позволяют защитить дорожное покрытие и тем самым повысить безопасность дорожного движения. Благодаря цифровым масштабам, встроенным в дорожное покрытие, датчики и видеокамеры создают базу данных осевой нагрузки транспортных средств и обнаруживают перегрузку при передаче информации в центр управления;

– система предупреждения водителей о чрезвычайных ситуациях и пробках.

Перспективы развития информационных технологий на транспорте таковы, что в течение нескольких десятилетий движение будет осуществляться автоматически контролируемые наземными транспортными средствами, способными безопасно и самостоятельно (без вмешательства человека) перемещать пассажиров по любому участку маршрута, разработанного системой. Дополнительная информация из глобальной сети и систем наземной и спутниковой связи и навигации поможет такому роботизированному автомобилю спланировать максимально безопасный маршрут движения [5–9].

Технология автоматически управляемых наземных транспортных средств развивается ненадлежащим образом. Исследователи задумались над этой идеей еще в 60-х годах прошлого века, но технология была недостаточно зрелой, и только до середины 80-х годов в военной промышленности США не был разработан прототип таких автомобилей. Целью проекта была автоматизация военных наземных транспортных средств. В конце 80-х годов исследователи начали проявлять интерес к гражданским проектам, инициированным правительствами разных стран. И только в конце 90-х. Автомобильная промышленность наконец-то смогла приблизиться к разработке и дорожным испытаниям первых автономных транспортных средств.

Автомобиль, движущийся со скоростью 96 километров в час, перемещается на 26,6 метров в секунду. У большинства людей время реакции водителя составляет около трех секунд, и за это время автомобиль будет проходить около 100 метров. Типичный водитель получает информацию об условиях дорожного движения за 11 секунд до того, как автомобиль окажется в соответствующей части дороги. За это время водитель принимает ряд решений на основе данных о 291-метровом пути, который отличается от различных маршрутов движения. Данные камеры заднего вида, влияющие на

безопасность вождения, также должны быть обработаны. Все это порождает необходимость постоянного анализа информации, которую необходимо учитывать в тактических решениях относительно предыдущего маршрута движения. Из этого анализа можно увидеть, что бортовой компьютер требует довольно мощных интеллектуальных вычислений, поскольку он обрабатывает довольно большое количество различной информации, включая многоканальное потоковое видео. Это объясняет относительно низкую среднюю скорость движения уже существующих автоматически управляемых наземных транспортных средств.

Такие роботы используют спутниковую навигационную систему и программируют ее на определенный маршрут. На ходу система анализирует ситуацию с помощью четырех датчиков: дальности, радара, стереокамеры и монокулярной видеосистемы. Данные обрабатываются бортовым компьютером. Системы управления автомобильной механикой разрабатываются в исследовательских лабораториях автомобилестроительных предприятий.

В настоящее время в области интеллектуальных инструментов проведено много исследований, несколько проектов уже реализовано. Например, компания, продвигающая космический корабль, разработала персональный электромобиль для четырех человек ultra, максимальная скорость которого составляет 40 км/ч, он работает в аэропорту Хитроу (Лондон). В этом автомобиле устранена самая опасная его часть - водитель. Лазерные датчики расстояния с обеих сторон защищают машину от столкновения. Центральный компьютер управляет всей сетью этого транспорта. Центральный компьютер показывает движение всех автомобилей. На каждом автомобиле установлен компьютер, подключенный к центральной системе управления. Если что-то пойдет не так, машина остановится.

Однако технологические проблемы и юридические сложности, связанные с внедрением полностью автоматизированных транспортных средств, побуждают автомобильную промышленность сосредоточиться на контролируемых до сих пор системах и системах поддержки водителей. Исследования беспилотных транспортных средств в настоящее время несколько замедлилось, так как мировое сообщество обеспокоено социальными, экономическими трудностями, экологическими проблемами с целью улучшения качества моторного топлива, состояния дорожного полотна и общего качества жизни [10–14].

Литература

1. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе. В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ») / Т.В. Коновалова [и др.] // Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ»; Ответственный за выпуск Е.Е. Витвицкий. – 2015. – С. 74–77.
2. Особенности маркетинговых исследований на рынке пассажирских перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2015. – № 4. – С. 89–93.
3. 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.
4. 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.
5. Котенкова И.Н., Сенин И.С. Использование различных методик обучения вождению при подготовке водителей категории «В» в автошколах // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 2. – С. 82–93.
6. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Транспортно-логистические центры в региональной транспортно-логистической системе // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2013. – № 2. – С. 311–313.
7. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.

8. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
9. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
10. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2019.
11. Оценка эффективности международных перевозок в транспортно-логистических системах региона: монография / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2021. – 180 с.
12. Изюмский А.А., Сенин И.С. Организация перевозок специфических видов грузов // Пособие для студентов направления подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов, магистрантов, аспирантов, специалистов автотранспортной отрасли, городского хозяйства и муниципальных образований. – Краснодар, 2019.

References

1. Research of the transportation market by orders in the region. In the collection: International scientific and practical Conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of «SibADI») / Т.В. Konovalova [et al.] // Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». SibADI, Department of «OPIUT»; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky. – 2015. – P. 74–77.
2. Features of marketing research in the market of passenger transportation by orders in the region / Т.В. Konovalova [et al.] // The Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – P. 89–93.
3. The influence of economic indicators of the region on the work of road transport / Т.В. Konovalova [et al.] // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy. – 2016. – № 5 (51). – P. 165–171.
4. Konovalova T.V., Nadiryana S.L., Mironova M.P. Improvement of methods of optimization of transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
5. Kotenkova I.N., Senin I.S. The use of various methods of teaching driving in the training of drivers of category «B» in driving schools // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Environmental protection, transport, life safety. – 2013. – № 2. – P. 82–93.
6. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Transport and logistics centers in the regional transport and logistics system // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2013. – № 2. – P. 311–313.
7. Evaluation of design solutions in transport: textbook / Т.В. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
8. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows: textbook. – Krasnodar, 2017.
9. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes: textbook. – Krasnodar, 2018.
10. Analysis of the work of transport systems: textbook / Т.В. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
11. Evaluation of the efficiency of international transportation in the transport and logistics systems of the region: monograph / Т.В. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2021. – 180 p.
12. Izyumsky A.A., Senin I.S. Organization of transportation of specific types of cargo. Manual for students of the training direction 23.03.01 Technology of transport processes, undergraduates, postgraduates, specialists of the motor transport industry, urban economy and municipalities. – Krasnodar, 2019.

УДК 656

**МЕТОДИКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ПАССАЖИРСКИХ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК**



**METHODOLOGY FOR IMPROVING THE EXISTING ORGANIZATION
OF URBAN PASSENGER TRANSPORTATION**

Лазаренко Диана Юрьевна

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет
diana.lotnikova@gmail.com

Атапин Игорь Николаевич

студент
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Суть маршрутной технологии пассажирских перевозок заключается в организации движения подвижного состава по одному и тому же маршруту в виде последовательности повторяющихся циклов транспортировки – рейсов. Основными принципами маршрутной технологии являются: определенность маршрута и стабильность его трассы; регулярность движения транспортных средств по маршруту и расписание движения по расписанию; совпадение интересов пассажиров, пользующихся маршрутом, выраженных в соответствии с пассажирской корреспонденцией и маршрутом; контроль за работой транспортных средств на маршруте и осуществление диспетчерского контроля. Основой организации обслуживания на маршруте являются результаты анализа существующей организации перевозок пассажиров по маршрутам. Совершенствование пассажироперевозок должно быть направлено, в первую очередь, на устранение недостатков существующей организации, выявленных при ее изучении, на внедрение в транспортный процесс неиспользованных резервов и новых форм организации труда и методов организации перевозок.

Ключевые слова: городские пассажирские перевозки, технология пассажирских перевозок, расписание движения, технология пассажироперевозок.

Lazarenko Diana Yurievna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State University Technology
diana.lotnikova@gmail.com

Atapin Igor Nikolaevich

Student,
Kuban State University Technology

Annotation. The essence of the route technology of passenger transportation is to organize the movement of rolling stock along the same route in the form of a sequence of repeated cycles of transportation – flights. The main principles of route technology are: the certainty of the route and the stability of its route; the regularity of the movement of vehicles along the route and the timetable according to the schedule; the coincidence of the interests of passengers using the route, expressed in accordance with passenger correspondence and the route; control over the operation of vehicles on the route and the implementation of dispatching control. The basis of the organization of service on the route is the results of the analysis of the existing organization of passenger transportation along the routes. The improvement of passenger transportation should be aimed, first of all, at eliminating the shortcomings of the existing organization identified during its study, at introducing unused reserves and new forms of labor organization and methods of transportation organization into the transport process.

Keywords: urban passenger transportation, passenger transportation technology, timetable, passenger transportation technology.

Городской пассажирский транспорт является подсистемой городского хозяйства, функционирование которой влияет на качество жизни населения, эффективность городского хозяйства и возможность использования градостроительного и социально-экономического потенциала города. Технология пассажирских перевозок понимается как совокупность методов перевозки пассажиров, научная дисциплина, изучающая различные закономерности, наблюдаемые в процессе перевозки пассажиров и багажа. Суть маршрутной технологии пассажирских перевозок заключается в организации движения подвижного состава по одному и тому же маршруту в виде последовательности повторяющихся циклов перевозок – рейсов. Основными принципами маршрутной технологии являются: определенность маршрута и стабильность его маршрута; регулярность движения транспортных средств по маршруту и расписание в соответствии с расписанием; совпадение интересов пассажиров, пользующихся маршрутом, выраженных в соответствии с пассажирской корреспонденцией и маршрутом; контроль за работой транспортных средств на маршруте и осуществление диспетчер-

ского контроля. Методика совершенствования существующей организации пассажирских городских перевозок включает несколько этапов: Характеристика маршрутной сети, изучение схемы маршрутной сети со всеми остановочными пунктами и характеристикой точек тяготения, а также опасных участков. Анализ работы подвижного состава на линии, которая включает:

- изучение подвижного состава (ПС) работающего на маршрутах и его соответствие пассажиропотоку на маршруте и комфортабельность поездки пассажиров;
- соотношение автобусов работающих на маршруте по часам суток в выходные и будние дни, подсчет автомобиле-часов работы на маршруте в соответствии с существующим расписанием;
- подсчет интервалов движения автобусов на маршрутной сети по средствам натурных наблюдений;
- затраты на эксплуатацию ПС, работающего на существующей маршрутной сети.

Диспетчерское управление движения автобусов на маршруте. На данном этапе необходимо изучить: как осуществляется диспетчерское управление и как контролируется регулярность движения ПС (фактическая и запланированная); как происходит сбор и обработка информации об осуществляемых перевозках; функционал работников диспетчерской службы; работу внутри парковой и линейной диспетчеризации, оценить применяемые технические средства диспетчерского управления и обработки информации. Анализ организации системы оплаты проезда и провоза багажа. На данном этапе необходимо проанализировать систему оплаты проезда по маршрутам (кондукторное обслуживание, автоматизированные системы или сбор платы водителем), внимание следует уделить тарифам на маршруте (единый тариф или по тарифным участкам),

Диспетчерское управление движением автобусов по маршруту. На этом этапе необходимо изучить: как осуществляется диспетчерский контроль и как контролируется регулярность движения ПС (фактическая и плановая); как собирается и обрабатывается информация о перевозке; функциональность сотрудников диспетчерской службы; работу внутриварковой и линейной диспетчеризации, оценить используемые технические средства диспетчерского управления и обработки информации. Анализ организации системы оплаты проезда и перевозки багажа. На этом этапе необходимо проанализировать систему оплаты проезда по маршрутам (услуги кондуктора, автоматизированные системы или взимание платы с водителя), следует обратить внимание на тарифы на маршруте (единый тариф или разделы тарифов), изучить процентное соотношение пассажиров имеющих право на льготный и бесплатный проезд и систему возмещения затрат по их проезду, исследовать как организован контроль полноты сбора выручки на маршруте, его частота и эффективность. Анализ технико-эксплуатационных показателей работы ПС и организация труда водителей. Расчет и сравнение с нормативами показателей качества перевозок являются важной составной частью изучения существующей организации перевозок пассажиров. Под технико-эксплуатационными показателями (ТЭП) понимают систему взаимосвязанных первичных и расчетных показателей, характеризующих возможное и фактическое использование технического объекта в существующих эксплуатационных условиях. К ТЭП маршрутных автобусов относятся: общая пассажировместимость автобусов; пробег автобусов по маршрутам; коэффициент использования пробега; общее число рейсов по маршрутам; эксплуатационная скорость движения; предоставленная пассажировместимость; статический коэффициент наполняемости; динамический коэффициент наполняемости; коэффициент регулярности движения; число пассажироместодней в хозяйстве; число пассажироместодней в работе; число пассажироместо-часов в работе. После проведения анализа существующей организации перевозок необходимо указать выявленные недостатки и существующие неиспользованные резервы способные улучшить качество обслуживания пассажирских перевозок. Заключение анализа влияют на мероприятия по оптимизации пассажироперевозок по маршруту.

Технология пассажироперевозок должна учитывать следующие аспекты:

- соответствие пассажиропотока и метода организации движения автобусов на маршруте;

- возможность применения скоростного, экспрессного, полужэкспрессного или укороченного варианта движения;
- выбор и расчет оптимального ПС в зависимости от пассажиропотока и точек тяготения;
- выбор и расчет технико-эксплуатационных показателей использования ПС на маршруте.

Основной задачей совершенствования функционирующей или проектируемой организации пассажироперевозок на маршрутной сети должно являться существенное улучшение транспортного обслуживания пассажиров, повышения качества перевозок и повышение эффективности использования ПС. При совершенствовании организации пассажирских перевозок необходимо обеспечить нормативный уровень показателей качества перевозок. Основными показателями качества пассажирских перевозок являются: время, затрачиваемое на перемещение; безопасность пассажирских перевозок; комфорт поездки (регулярность движения и наполнение подвижного состава).

Литература

1. Лазаренко Д.Ю., Нагорный В.В. История и методология транспортных процессов: учеб. пособие. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021. – 199 с. ISBN 978-5-8333-1049-6.
2. Нагорный В.В., Лазаренко Д.Ю. Автомобильные перевозки детей и безопасность движения // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 1149–1151.
3. Лазаренко Д.Ю., Нагорный В.В. Автомобильно-дорожный комплекс города и окружающая среда // В сборнике: Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2021. Материалы VII международной научно-практической конференции, в рамках 7-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – Горловка, 2021. – С. 123–125.
4. Мировая Экономика: учебное пособие / А.Б. Мельников [и др.]. – Краснодар, 2009.
5. Лотникова Д.Ю. «Зеленая трансформация» России в рамках глобального тренда на декарбонизация // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2021. – № 3. – С. 62–71.

References

1. Lazarenko D.Yu., Nagorny V.V. History and methodology of transport processes: textbook. manual. – Krasnodar : Publishing house of FGBOU VO «KubSTU», 2021. – 199 p. ISBN 978-5-8333-1049-6.
2. Nagorny V.V., Lazarenko D.Yu. Automobile peevozki children and traffic safety // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Electronic collection of scientific articles based on the materials of the third international scientific and practical conference. – 2020. – P. 1149–1151.
3. Lazarenko D.Yu., Nagorny V.V. Automobile and road complex of the city and the environment // In the collection: Scientific and technical aspects of the development of the motor transport complex 2021. Materials of the fifth International Scientific and Practical Conference, within the framework of the 7th International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructural and socio-economic development». – Gorlovka, 2021. – P. 123–125.
4. World Economy: textbook / A.B. Melnikov [et al.]. – Krasnodar, 2009.
5. Lazarenko D.Yu. «Green transformation» of Russia in the framework of the global trend for decarbonization // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2021. – № 3. – P. 62–71.

УДК 656

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПассаЖИРОВ



THE MAIN FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY AND QUALITY OF PASSENGER SERVICE

Лазаренко Диана Юрьевна

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет
diana.lotnikova@gmail.com

Клевцов Павел Олегович

студент
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Автомобильный транспорт является одной из ведущих отраслей транспортного комплекса Российской Федерации. На его долю приходится свыше 50 % объемов всех перевозимых грузов и пассажиров. На сегодняшний день свыше трети парка автобусов по России требуют замены и модернизации. Минтранс Российской Федерации изыскиваются дополнительные мощности по производству автобусов. Обновление идет за счет кредита мирового банка. Осваиваются и другие кредитные направления в части лизинга и привлечения средств субъектов Российской Федерации и зарубежных инвесторов для финансирования обновления городского транспорта.

Ключевые слова: экономика, автотранспортное предприятие, пассажирские перевозки, экология, модернизация подвижного состава.

Lazarenko Diana Yurievna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State University Technology
diana.lotnikova@gmail.com

Klevtsov Pavel Olegovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. Automobile transport is one of the leading sectors of the transport complex of the Russian Federation. It accounts for over 50 % of the volume of all transported goods and passengers. Today, over a third of the bus fleet in Russia requires replacement. The Ministry of Transport of the Russian Federation is looking for additional capacities for the production of buses. The renovation is due to a loan from the World Bank. Other credit lines are being mastered in terms of leasing and attracting funds from the constituent entities of the Russian Federation and foreign investors to finance the renovation of urban transport.

Keywords: economics, motor transport company, passenger transportation, ecology.

Рынок транспортных услуг наряду с информационным и финансовыми рынками обеспечивает жизнедеятельность и устойчивость функционирования всей системы. Транспорт является важным связующим звеном в экономике Российской Федерации, без которого невозможно нормальное функционирование ни одной отрасли хозяйства, ни одного региона страны. Стабилизация положения в экономике, ее подъем невозможен без решения основных проблем транспортного комплекса, в том числе пассажирского.

Развитие рыночных отношений в транспортном комплексе выдвигает задачу более тесной координации работы всех видов пассажирского транспорта между собой. Переход на рыночную. Экономику создает благоприятную среду для внедрения прогрессивных идей и принципов логистики. Одним из ее основных компонентов является кооперация различных видов транспорта в рамках комбинированных перевозок пассажиров [1, 2].

Это позволяет эффективно использовать технические, экономические и экологические преимущества разных видов транспорта, что обеспечивает удовлетворение интересов государства, которые заключается в сокращении импортных транспортных услуг, а значит – и в дополнительном поступлении налогов казну, и негосударственных компаний – участников в получении дополнительного рынка сбыта и прибыли от перевозок.

Перспективы же развития пассажирских перевозок очевидны. Это позволит сохранить автомобильные дороги России, значительно улучшить экологию окружающей среды и криминогенную обстановку в пути следования, ликвидировать «пробки» на улично-дорожной сети, привлечь дополнительные объемы перевозок на автомобильный транспорт, снизить издержки на перевозки пассажиров и повысить доходы [3].

Перспективы же развития пассажирских перевозок очевидны. Это позволит сохранить автомобильные дороги России, значительно улучшить экологию окружающей среды и криминогенную обстановку в пути следования, ликвидировать «пробки» на улично-дорожной сети, привлечь дополнительные объемы перевозок на автобусный транспорт, снизить издержки на перевозки пассажиров и повысить доходы.

Интенсификация транспортного процесса по обслуживанию пассажиров автобусами зависит от реализации на практике комплекса факторов, влияющих на затраты времени пассажиров на поездки, удобства поездки, надежность обслуживания и безопасность движения:

- время на приобретение биллета;
- время ожидания подачи автобуса;
- время на посадку;
- время на остановочных пунктах;
- время движения.

Эффективность использования рабочего свободного времени трудящихся зависит от надежности работы массового пассажирского транспорта. Совершенствование этой работы является первостепенной и важной задачей социального и экономического развития города [4].

В целях совершенствования и развития комплексных систем управления качеством перевозок пассажиров следует в планах Министерства транспорта РФ предусмотреть по всем видам транспорта разработку новых и государственных и отраслевых стандартов по службам, отделам, бригадам и водителям с учетом вида перевозок, а также методических рекомендаций по совершенствованию разработок систем управления качеством пассажирских перевозок с учетом оптимальных систем материального и морального стимулирования работников всех служб и отделов [5].

Ежегодная оценка и планирование уровня качества перевозок пассажиров по городам и областям обеспечивают выявление дополнительных внутренних резервов на пассажирском автотранспортном предприятии, которые позволяют повысить эффективность использования автобусов и улучшить качество обслуживания населения.

Величина коэффициента качества обслуживания населения должна планироваться для пассажирского автотранспортного предприятия с учетом их реальных возможностей, отражать производственную базу, ее техническую оснащенность, технические состояние автобусов, режимы их работы, достигнутый уровень организации перевозок, финансовые показатели. При этом методической основой на всех уровнях иерархического управления пассажирским автомобильным транспортом должен являться типовая проект комплексных систем управления качеством перевозок пассажиров с разработанными в нем стандартами для всех служб и отделов. Величина качества перевозок пассажиров может характеризовать как конечные результаты работы пассажирского автотранспортного предприятия, так и условия удовлетворения потребностей населения в транспортных услугах с учетом безопасности перевозки пассажиров. Эта величина должна отражать транспортно-планировочные решения улиц и дорог, конструктивные особенности подвижного состава и уровень организации перевозок пассажиров, которые могут быть оценены количественно.

Есть показатели качества обслуживания пассажиров, которые количественно изменить, как правило, нельзя, но они играют большую роль. К ним можно отнести удобства комфортность поездки, эстетику подвижного состава, этику водителя, контролера и других сотрудников, которые могут оцениваться системой показателей материального стимулирования.

В настоящее время оценка качества обслуживания населения общественным транспортом представляется экономическими критериями, показателями времени, коэффициентом наполнения подвижного состава, коэффициентом пересадочности, комплексными и другими техническими показателями. Каждый оценочный показатель имеет свои положительные и отрицательные стороны и поэтому может быть использован в качестве основного для разных городов и его территориальных районов.

Литература

1. Мировая Экономика: учебное пособие / А.Б. Мельников [и др.]. – Краснодар, 2009. – 404 с.
2. Продовольственная безопасность – основа обеспечения экономической безопасности России. Текст : непосредственный / А.Б. Мельников [и др.] // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2012. – № 3. – С. 189–194.
3. Лазаренко Д.Ю., Нагорный В.В. История и методология транспортных процессов: учеб. пособие. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021. – 199 с. ISBN 978-5-8333-1049-6.
4. Нагорный В.В., Лазаренко Д.Ю. Автомобильные перевозки детей и безопасность движения // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам третьей международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 1149–1151.
5. Лазаренко Д.Ю., Нагорный В.В. Автомобильно-дорожный комплекс города и окружающая среда // В сборнике: Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2021. Материалы VII международной научно-практической конференции, в рамках 7-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – Горловка, 2021. – С. 123–125.

References

1. World Economy: textbook / A.B. Melnikov [et al.]. – Krasnodar, 2009. – 404 p.
2. Food security – the basis for ensuring the economic security of Russia. Text : direct / A.B. Melnikov [et al.] // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2012. – № 3. – P. 189–194.
3. Lazarenko D.Yu., Nagorny V.V. History and methodology of transport processes: textbook. manual. – Krasnodar : Publishing house of FGBOU VO «KubSTU», 2021. – 199 p. ISBN 978-5-8333-1049-6.
4. Nagorny V.V., Lazarenko D.Yu. Automobile peevozki children and traffic safety // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Electronic collection of scientific articles based on the materials of the third international scientific and practical conference. – 2020. – P. 1149–1151.
5. Lazarenko D.Yu., Nagorny V.V. Automobile and road complex of the city and the environment // In the collection: Scientific and technical aspects of the development of the motor transport complex 2021. Materials of the fifth International Scientific and Practical Conference, within the framework of the 7th International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic «Innovative prospects of Donbass: Infrastructural and socio-economic development». – Gorlovka, 2021. – P. 123–125.

УДК 69.059.7

**ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ
ИСТОРИЧЕСКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**
◆◆◆◆
**PECULIARITIES OF RECONSTRUCTION
OF HISTORICAL BUILDINGS AND STRUCTURES**

Лысенко Мария Петровна

студент

Кубанский государственный технологический университет
lysenkomasha26122000@mail.ru

Мягкова Екатерина Сергеевна

студент

Кубанский государственный технологический университет
kate201325@bk.ru

Аннотация. В ходе исследования затронут вопрос реконструкции исторических зданий и сооружений, а также задачи, которые решает реконструкция, её методы исследования и способы восстановления конструкций. Подчеркивается важность восстановления не только исторического облика, но и эксплуатационных качеств зданий и сооружений.

Ключевые слова: реконструкция, способы восстановления, методы исследования, эксплуатационные качества, исторический облик.

Lysenko Maria Petrovna

Student,

Kuban State Technological University
lysenkomasha26122000@mail.ru

Myagkova Ekaterina Sergeevna

Student,

Kuban State Technological University
kate201325@bk.ru

Annotation. The study touches on the reconstruction of historic buildings and structures, as well as the tasks that the reconstruction solves, its research methods and methods of restoration of structures. The importance of restoring not only the historical appearance, but also the operational qualities of buildings and structures is emphasized.

Keywords: reconstruction, restoration methods, research methods, performance, historical appearance.

Реконструкция здания – это определенный вид строительных работ, направленный на восстановление сооружения, а именно его внешнего облика и функциональных свойств. При реконструкции исторических объектов уделяется пристальное внимание к деталям здания, а также возможно применение оригинальных строительных материалов и конструкций.

Реконструкция зданий в современном мире является актуальной темой, так как существует необходимость не только восстановить конструкцию здания и его эксплуатационные качества, но и сохранить исторический облик населенного пункта, в котором расположен объект реконструкции.

Основными задачами реконструкции являются:

- сохранение основных фондов непродуцированной сферы;
- повышение потребительских качеств и комфортности проживания;
- предупреждение преждевременного выхода зданий из эксплуатации и их сноса;
- изменение функции строений частично или полностью [1, 2, 3].

Наличие большого количества методов исследования и способов восстановления конструкций дает возможность в максимально короткие сроки выполнить работы по реконструкции зданий и сооружений различного назначения, в том числе и исторических памятников.

Перед реконструкцией зданий и сооружений необходимо выполнить ряд исследований:

- оценить состояние грунта под объектом и на прилегающей к нему территории;
- исследовать состояние фундамента, его несущую способность и степень износа;
- обследовать несущие конструкции;
- оценить прилегающую территорию для использования ее для расширения здания или сооружения [4].

К основным конструктивным элементам любого здания относят фундамент, стены и перекрытия. Если при оценке состояния рассматриваемого объекта, они должны быть полностью заменены, то целесообразнее не проводить реконструкцию, а разрушить и возвести новое здание.

Рассмотрим основные виды работ, проводимых для реконструкции зданий. Земляные работы необходимы для осуществления доступа к подошве фундамента с целью исследования ее состояния. При необходимости проводят работы по восстановлению и усилению фундаментов и оснований. Но стоит отметить, что существуют усложняющие процесс факторы: необходимость проведения работ в стесненных условиях, возможные повреждения систем канализации и водопровода. Усиление оснований проводят методом укрепления грунтов такими способами как химический, термический, физико-механический. Способ выбирают исходя из типа грунта: химический способ для лессов и пылеватых песков-силикатизация, для мелких песков-смолизация, для крупнозернистых песков-цементация. Термическим способом укрепляют лесса и глинистые грунты. Физико-механический способ «стена в грунте» применим для любого типа грунта [5, 6].

Рассмотрим пример укрепления основания методом уплотнения грунта под трапезными палатами Андроникова монастыря в Москве. Существовала необходимость максимально уменьшить осадку основания, так как в стенах наблюдались трещины большого раскрытия. Было пробурено 10 скважин глубиной до 14 метров, в которые были вставлены трубчатые иньекторы диаметром 40 миллиметров. По ним было произведено нагнетание глиняно-цементного раствора под давлением в 10–13 атмосфер, что позволило достигнуть стабилизации осадок в короткий срок [7].

Перед проведением реконструкции фундаментов проводят исследование причин его разрушения с целью выбора метода его восстановления. Для устранения расслоения фундамента используют иньектирование цементным раствором, для восстановления несущей способности применяют металлические или железобетонные обоймы, для перераспределения нагрузок устанавливают металлические пояса, для устранения износа изменяют конструктивную схему путем выстраивания опор или новых плит.

Из-за неравномерной осадки фундаментов здания и сооружения могут получать наклон, что вызывает необходимость использование способа выпрямления. Рассмотрим его применение на примере Спасских ворот Рязанского Кремля. Для выпрямления были пробиты сквозные штрабы для отделения ворот от стен. С противоположной от наклона стороне в стене была пробита клиновидная штраба, что вызвало момент от собственного веса и облегчило поворот. Под пилоны были заведены балки, которые послужили рычагом при подъеме. Все это облегчило постановку сооружения в первоначальное положение.

Метод восстановления каменных стен в зависимости от их технического состояния производят исходя из случаев разрушения:

- если несущая способность кладки по расчету достаточна и общее состояние конструкций удовлетворительное, то достаточно заделать цементным раствором имеющиеся трещины.

- если несущая способность кладки достаточна и усиления не требуется, но ослабление кладки превышает $1/3$ первоначального сечения, наблюдается расслоение кладки и значительное количество трещин, необходима местная перекладка участка стены (с трещинами) и заделка цементным раствором мелких трещин.

- если несущая способность кладки по расчету не достаточна, то необходима постановка обойм, корсетов, рубашек или перекладка [8, 9].

Решение выбирается в зависимости от необходимой степени усиления, состояния конструкции, производственных возможностей и так далее. Железобетонные, армированные и металлические обоймы (корсеты) позволяют в 1,5–2 раза повысить несущую способность конструктивных элементов и могут быть рекомендованы в качестве основного метода усиления кладки.

Перекрытия усиливают такими методами как разгрузка конструкций, включение новых конструктивных элементов перекрытия, изменение конструктивной схемы перекрытия. При этом стоит помнить о том, что деревянные перекрытия следует заменить полностью на железобетонные [10].

К наиболее распространённым причинам необходимости реконструкции крыши относят: неисправность или неправильное устройство системы вентиляции, нарушение гидроизоляции, низкий уровень теплозащиты. Для обеспечения достаточной вентиляции объекта совмещённая крыша переоборудуется в чердачную, но если данное решение влияет на изменение исторического облика реконструируемого здания, то неветилируемую крышу перестраивают в вентилируемую. При качественной теплоизоляции происходит ограждение исторического объекта от воздействия окружающей среды, а также увеличение срока его службы.

Главными недостатками реконструкции исторических зданий и сооружений являются их ограниченность, а именно невозможность использования более современных технологий и механизмов при проведении работ, отсутствие и сложность доставки необходимых строительных материалов.

Реконструкция памятников архитектуры – это ответственный процесс, который требует большого объема финансовых вложений, внимательного сбора и анализа данных о здании, а также определенной последовательности в работе. Основной её целью является сохранение исторически значимого здания и возможность его эксплуатации в условиях жизни современного города. Технический прогресс в области разработки оборудования и материалов способствуют не только продлению срока службы памятника архитектуры, но и позволяет избежать повторных затрат на следующий ремонт, который не следует проводить лишней раз для максимального сохранения исторического облика здания или сооружения.

Результатом реконструкции являются восстановление функциональных и эксплуатационных качеств зданий и сооружений, увеличение срока службы как зданий и сооружений в целом, так и отдельных конструктивных элементов, обеспечение безопасности и сохранение исторического облика здания.

Литература

1. Селютина Л.Г., Васильева Н.В. Развитие форм воспроизводства жилищного фонда: терминологический аспект проблемы // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2003. – № 1.
2. Шепс, Р.А., Удалов Д.А. Актуальные проблемы реконструкции зданий старой застройки с применением энергосберегающих технологий // Инженерные системы и сооружения. – 2010. – № 2. – С. 83–90.
3. Калкан С.Н., Леонова А.Н. Особенности современных подходов при реконструкции фасадов жилых зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 314–316.
4. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.
5. Белый Д.А., Леонова А.Н. Способы усиления фундаментов мелкого заложения // В сборнике статей Международной научно-практической конференции: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2017. – С. 13–16.
6. Поддубский А.В., Леонова А.Н. Современные технологии строительства фундаментов в сейсмоопасных районах // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – 2016. – С. 108–110.
7. Методические указания. Инженерные работы при реставрации памятников литературы // Издательство «Советская Россия». – М., 1958.
8. 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.
9. 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.

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. Selutina L.G., Vasilieva N.V. Development of forms of reproduction of housing stock: terminological aspect of the problem // Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction. – 2003. – № 1.
2. Sheps R.A., Udalov D.A. Actual Problems of Reconstruction of Old Buildings with the Application of Energy-Saving Technologies (in Russian) // Engineering systems and structures. – 2010. – № 2. – P. 83–90.
3. Kalkan S.N., Leonova A.N. Features of modern approaches to the reconstruction of the facades of residential buildings // Science. Technique. Technology (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 314–316.
4. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Dignities and disadvantages of various methods of strengthening reinforced concrete columns // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
5. Belyi D.A., Leonova A.N. Methods of shallow foundations strengthening // In the collection of articles of the International Scientific and Practical Conference: Environmental, Engineering, Economic, Legal and Managerial Aspects of Construction and Transport Infrastructure Development. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Technological University». – 2017. – P. 13–16.
6. Poddubsky A.V., Leonova A.N. Modern technology of foundation construction in earthquake-prone areas // In the collection: Actual issues of urban construction, architecture and design in the resort regions. Proceedings of the Third All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists. – 2016. – P. 108–110.
7. Methodological guidelines. Engineering work in the restoration of literary monuments // Publishing house «Soviet Russia». – M., 1958.
8. 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 and Practical Conference. General editorial board: V.I. Orobinsky, V.G. Kozlov. – 2016. – P. 24–26.
9. 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.
10. Leonova A.N., Ischuk Y.P., Pogodina P.V. Methods of strengthening slabs in the area of the punching // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 339–344.

УДК 624.07

ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОАРМИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАНОБЕТОНОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ



THE USE OF FIBER-REINFORCED POLYMER MATERIALS AND NANOBETONS TO STRENGTHEN BUILDING STRUCTURES

Мишко Эрик Камоевич

бакалавр
Кубанский государственный технологический университет
erik.mishko@mail.ru

Таран Юлия Владимировна

бакалавр
Кубанский государственный технологический университет
julia_taran12@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются специальные методы усиления строительных конструкций, с помощью фиброармированных полимерных материалов. Анализируются характеристики композитных материалов. Рассматривается решения по обеспечению их совместной работы с усиливаемым элементом. Изучается внедрение нанотехнологий – новых строительных материалов с уникальными физикотехническими свойствами в строительство.

Ключевые слова: фиброармированные полимерные материалы, композитные материалы, нанобетон.

Mishko Erik Kamoevich

Bachelor,
Kuban State Technological University
erik.mishko@mail.ru

Taran Yulia Vladimirovna

Bachelor,
Kuban State Technological University
julia_taran12@mail.ru

Annotation. The article discusses special methods of strengthening building structures using fiber-reinforced polymer materials.

The characteristics of composite materials are analyzed. The solutions for ensuring their joint work with the reinforced element are considered. The introduction of nanotechnology-new building materials with unique physical and technical properties in construction is being studied.

Keywords: fiber-reinforced polymer materials, composite materials, nanocrete.

Применение фиброармированных полимерных материалов. В настоящее время вместе с традиционными методами усиления строительных конструкций все более широкое применение находят специальные методы, например усиление конструкций с помощью композитных материалов, изготовленных из высокопрочных волокон.

В качестве отверждающего полимера чаще всего применяют эпоксидные или полиакринитриловые смолы. Волокна в связующем материале могут быть произвольно расположенными или располагаться в одном направлении. Если волокна располагаются в одном направлении, то такой композиционный материал называют однонаправленным. При двухнаправленном расположении волокон материал называют двуосноармированным. В отдельный класс выделяют жесткие композиционные материалы, называемые ламинатами, которые состоят из нескольких однонаправленных слоев. Ориентация каждого слоя относительно предыдущего может изменяться. Разновидностью ламинатов являются гибриды, представляющие собой многослойные композиционные материалы, армированные волокнами различного типа. Наибольшее применение для усиления строительных конструкций получили композиционные материалы на основе углеродных волокон.

Композитные материалы характеризуются физико-механическими характеристиками высокой прочностью на растяжение и сжатие, близким к стали модулем упругости – до 640 ГПа, большим сопротивлением динамическим нагрузкам, не подвержены коррозии и стойки к химическим агентам (кислотным и щелочным). Обладают высокой степенью выносливости и усталостной прочности, термической и реологической устойчивостью.

Усиление сжатых и внецентренно сжатых конструкций (колонны, простенки) осуществляется с помощью устройства вокруг сечения элементов бандажей с направлением волокон перпендикулярно продольной оси усиливаемого элемента.

Усиление плитных конструкций производится наклейкой на нижнюю поверхность поперечных и продольных накладок ФАП с направлением волокон перпендикулярно друг другу.

Для усиления изгибаемых элементов (балок) наклейка ФАП производится на нижнюю поверхность ребра с направлением волокон вдоль оси усиливаемой конструкции или наклонных хомутов в приопорной зоне с направлением волокон перпендикулярно продольной оси.

Стоимость углеродных композитов превышает стоимость стальных усиливающих элементов, однако это компенсируется их уникальными свойствами и простотой в работе. Малая масса и плотность обеспечивают легкость транспортировки и обработки материала. Использование углеродных материалов не требует применения тяжелых вспомогательных приспособлений. Они способны легко повторять любые формы усиливаемой конструкции. Для этого достаточно лишь прижать их рукой или прикатать валиком и организовать временное крепление к поверхности усиливаемого элемента.

Высокие механические и технологические качества углеводородных материалов открывают широкие перспективы использования их при реконструкции зданий и сооружений с целью усиления и реставрации конструкций из бетона и железобетона. Этому способствуют разработанные в НИИЖБ в 2012 г. «Рекомендации по расчету усиления железобетонных конструкций системой внешнего армирования из полимерных материалов».

Развитие нанотехнологий является актуальной темой, которая позволяет получить тот или иной материал с заранее заданной определенной структурой. Особенно широкое внедрение нанотехнологии нашли в строительстве при изготовлении новых строительных материалов с уникальными физико-техническими свойствами.

Нанобетоном считают такой материал, который содержит в своей структуре наночастицы размером от 1 до 100 нанометров. Наиболее широким наномодификатором для изготовления нанобетонов является микрокремнезем (МК), образующийся как побочный продукт при производстве ферросилиция, металлического кремния.

Для производства нанобетонов используются также фуллерены и фуллероиды. Фуллерены являются упрочнителями цементного камня, но из-за своей высокой стоимости в широкой практике не используются. Фуллероиды в виде одно-, и многослойных нанотрубок, более дешевые, чем фуллерены и применяются достаточно широко.

В результате исследований был разработан целый класс специализированных нанобетонов, включающих:

- легкие нанопенобетоны для индивидуального строительства и возведения легких перегородок в помещениях различного назначения;
- нанобетоны средней плотности, обладающие повышенной прочностью и другими качествами, делающими их перспективными для использования в строительстве мостов, дорожных и аэродромных покрытий и т.д.
- нанобетоны высокой и сверхвысокой прочности для лифтовых шахт, балок, ферм, других несущих конструкций в жилищном и промышленном строительстве. Исследованиями установлено, что механическая прочность нанобетонов в 1,5–2 раза выше прочности обычного бетона. Вес конструкции, выполненной из такого бетона, снижается в 6 раз. Его характеристики жаропрочности, морозо- и водостойкости также лучше, чем у обычного бетона. К преимуществам данного материала можно причислить способность сохранять цвета зданий или конструкций в течение длительного времени при условии агрессивного городского окружения. Упомянутые уникальные свойства нанобетонов высокой прочности позволяют изготавливать железобетонные конструкции меньшего сечения, снижать расход бетона и собственный вес конструктивных элементов. Установлено, что нанобетон может с успехом применяться при усилении старых железобетонных конструкций. При нанесении нанобетона на поверхность железобетонных конструкций происходит заполнение даже микропор в бетоне, в результате чего осуществляется процесс полимеризации и восстановление прочности бетона. Также, вновь образованное вещество вступает в реакцию с коррозионным слоем проржавевшей арматуры и восстанавливает ее сцепление с бетоном.

Посредством данной технологии был отремонтирован мост через реку Волга в 2007 году в г. Кимры и мост «Дружба» через Сайменский канал в г. Выборг в 2011 г. Выполнены работы при реставрации Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге для защитной его облицовки. Суперлегкие нанобетоны были использованы при восстановлении очистной станции в Новочеркасске и укреплении зданий, расположенных в сейсмоопасных зонах (Сочи). Выполнение работ по укреплению зданий производилось без предварительного расселения жильцов. Технология изготовления нанобетонов не требует нового технологического оборудования. Приготовление бетонной смеси осуществляется в стандартных смесителях, причем в начале (не менее 10 мин) цемент и составляющие нанобетона смешиваются «всухую», затем подаются вода, наполнители и различные добавки.

При усилении строительных конструкций нанобетон может наноситься на подготовленные бетонные поверхности методом торкретирования с помощью торкрет-пушки или бетонной смеси, нагнетаемой бетон-шприцмашиной. В отличие от торкрет-бетона смесь, наносимая набрызгом, помимо цементного раствора может содержать щебень крупностью до 25 мм.

Использование нанотехнологий способствует прогрессу в области создания новых строительных материалов и совершенствования уже имеющихся, повышению качества готовых изделий, увеличению прочности возводимых зданий, значительно увеличивая их эксплуатационную надежность.

Литература

1. 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.
2. Волков И.В. Фибробетон – состояние и перспективы применения в строительных конструкциях // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2004.
3. Леонова А.Н., Чагина А.С. сравнение особенностей u-образного анкерного крепления с другими видами креплений при усилении конструкций композитным материалом // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2021. – № 5. – С. 40–50.
4. Рабинович Ф.Н., Баев С.М. Эффективность применения полимерных фибр для дисперсного армирования бетона // Промышленное и гражданское строительство, 2009.
5. 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.
6. Смоликов А.А. Бетон, армированный нановолокнами // Бетон и железобетон. – 2009. – № 4.
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. Фаликман В.Р. Наноматериалы и нанотехнологии в строительстве: сегодня и завтра // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2009.
9. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 329–333.

References

1. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of strengthening metal structures with composite materials when exposed to an aggressive environment // Bulletin of MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
2. Volkov I.V. Fiber-reinforced concrete – the state and prospects of application in building structures // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2004.
3. Leonova A.N., Chagina A.S. Comparison of the features of the u-shaped anchor fastening with other types of fastenings when strengthening structures with a composite material // Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubGTU». – 2021. – № 5. – P. 40–50.
4. Rabinovich F.N., Baev S.M. Efficiency of using polymer fibers for dispersed concrete reinforcement // Industrial and civil construction, 2009.

5. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovation in construction. Collection of materials of the III International scientific-practical conference. – 2020. – P. 16–21.
6. Smolikov A.A. Concrete reinforced with nanofibers // Concrete and reinforced concrete. – 2009. – № 4.
7. Leonova A.N., Ishchuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods for reinforcing floor slabs in the punching zone // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 1. — P. 339–344.
8. Falikman V.R. Nanomaterials and nanotechnologies in construction: today and tomorrow // Building materials, equipment, technologies of the XXI century, 2009.
9. Leonova A.N., Akritov Kh.E. Strengthening of wooden structures with composite materials // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 329–333.

УДК 004.9

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ЗДОРОВЬЯ.
СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ, СЕРВИСЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОЗА ПРИ ИМЕЮЩИХСЯ СИМПТОМАХ
И ДИАГНОСТИКИ ЗДОРОВЬЯ**



**FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF HEALTH.
MODERN METHODS, SERVICES AND APPLICATIONS FOR DETERMINING
THE DIAGNOSIS WITH EXISTING SYMPTOMS AND DIAGNOSING HEALTH**

Нечначе Оуссама

студент (магистр)
кафедры информационных систем и программирования,
Кубанский государственный технологический университет
oussnech@gmail.com

Мурлина Владислава Анатольевна

кандидат технических наук, доцент
кафедры информационных систем и программирования,
Кубанский государственный технологический университет
murlina.v@yandex.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору современных приложений для определения диагноза при имеющихся симптомах и диагностики здоровья, их сравнение и преимущества.

Ключевые слова: здоровье, приложение, диагноз, сервис, консультации, технологии, симптомы.

Nechnache Oussama

Student (Master) of the Department
of Information Systems and Programming,
Kuban State Technological University
oussnech@gmail.com

Murlina Vladislava Anatolievna

Ph. D., Associate Professor
of the Department of Information
Systems and Programming,
Kuban State Technological University
murlina.v@yandex.ru

Annotation. This article is devoted to an overview of modern applications for determining the diagnosis in the presence of symptoms and health diagnostics, their comparison and advantages.

Keywords: health, application, diagnosis, service, consultations, technologies, symptoms.

Здоровье – это одна из наивысших ценностей человека. Вполне очевидно, что хорошее здоровье является основным условием для нормальной реализации человеком биологического и социального функционала. Это фундамент самореализации личности. Каждый из нас понимает и осознает, что нездоровье или болезнь – это жизнь, ограниченная в своей свободе.

Несмотря на то, что мы сегодня живем в XXI веке, люди до сих пор не могут прийти к единому определению понятия здоровья. Если говорить об этом в простом житейском смысле, то люди обычно говорят, не раздумывая: «Здоровье – это когда ничего не болит».

В XX веке в 20-х годах «здоровью» дали такое определение: «Здоровым может считаться человек, который отличается гармоничным развитием и хорошо адаптирован к окружающей его физической и социальной среде».

Большая медицинская энциклопедия придерживается понятия, что здоровье – это естественное состояние человеческого организма, когда нет никаких болезненных изменений и все функции его систем и органов находятся в уравновешенном состоянии с внешней средой. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) придерживается понятия, что это не просто отсутствие болезней или физических дефектов, а такое состояние, при котором ощущается полное не только физическое, но и душевное и социальное благополучие. Это и есть идеал, к которому все мы должны стремиться.

Если говорить об уровне здоровья, то это уже количественная характеристика. Эта характеристика отражает функциональное состояние организма, человеческой социальной дееспособности и его резервов. При оптимальном функционировании систем организма при их длительной социальной дееспособности и максимальных резервах, можно говорить о высоком уровне здоровья.

По оценке всемирной организации здравоохранения, существует около 20 тысяч болезней и их число непрерывно растет. Более того, как всем известно, сегодня особенно усугубила ситуацию новая коронавирусная инфекция «Covid-19». Люди не всегда понимают в связи с чем у них появляются те или иные болезненные симптомы, какая болезнь у них начинается, больны ли они и заболевают ли в данный момент вообще.

Известно, что если у человека возникают определенные болезненные симптомы, то ему необходимо обратиться к врачу. При посещении врача человек описывает свои симптомы, а врач проводит необходимую функциональную диагностику человека.

Диагностика – процесс распознавания и оценки свойств, особенностей и состояний субъекта или объекта, заключающийся в целенаправленном исследовании, истолковании полученных результатов и их обобщении в виде заключения (диагноза). Также можно привести еще одно определение, согласно которому функциональная диагностика – обобщённое название функциональных методов исследования, которые широко применяются с целью раннего выявления патологии, дифференциальной диагностики различных заболеваний и контроля эффективности лечебно-оздоровительных мероприятий. После посещения врача человек обычно получает определенные рекомендации и, если необходимо, рецепты, а также получает описание программы лечения.

Однако, обычно в таких случаях люди обращаются за помощью не к врачу, а к сети интернет, где находят определенного рода статьи и комментарии, связанные с их симптоматикой. Зачастую все мнения и рекомендации являются ошибочными и сильно разнятся на различных информационных ресурсах. В лучшем случае, человек не навредит себе еще больше. В худшем – навредит чему-нибудь еще, более здоровой части организма. Даже если говорить о лучшем исходе, то, так или иначе, люди обычно теряют драгоценное время, за которое можно было бы устранить полностью только еще начинающуюся болезнь.

По статистике, более 60 % Россиян сегодня занимаются самолечением и предпочитают не посещать поликлиники при незначительных симптомах болезни. Они самостоятельно обращаются в аптеки, где консультантом выступает провизор. Однако, квалификацию провизора, отпускающего лекарственные средства не всегда можно охарактеризовать как положительную в силу того, что в основной массе это выпускники ВУЗов с минимальным опытом и «рамочным» решением проблем. В классических агрегаторах по типу «Еаптека» и «аптека.ру» представлена возможность онлайн консультации, но это человеческий ресурс и крайне мала автоматизация процессов, а принятие решений исходит от одного источника, самого человека. Всё это в большинстве случаев негативно отражается на здоровье человека.

Самым лучшим вариантом, несомненно, является посещение лечащего врача. Однако, если говорить о бесплатных клиниках, то зачастую людям приходится сталкиваться с неквалифицированными кадрами, а платные клиники далеко не все могут себе позволить. Потом, все это, несомненно, время, которое обычно приходится тратить еще в очередях. Зачастую медицинского персонала просто на всех не хватает, чтобы оказать помощь каждому человеку.

Порой, всем нам требуется какая-то справочная информация медицинского характера. Причиной такой необходимости может быть, например, внезапно появившиеся симптомы неизвестного нам заболевания. Порой, мы просто хотим разобраться в сути диагноза, который выставил нам врач и хотим понять для себя квалификацию врача, прежде чем принимать выписанные лекарства. А иногда мы просто хотим узнать о побочных эффектах, которые есть у прописанных нам лекарств.

Очевидно, что никакая электронная медицинская энциклопедия сегодня не способна заменить консультации квалифицированного специалиста. Однако, сегодня, в век современных технологий уже появились определенные сервисы и приложения, способные во многом облегчить нам жизнь в этой сфере.

Одним из самых хороших примеров является веб-сервис «Helzy». Данный сервис помогает определить возможные заболевания по имеющимся у человека симптомам. Сервис работает по вероятностной модели, которая повторяет логику работы врача, когда тот ставит диагноз. Вероятности рассчитаны на основании реальных кли-

нических решений сотен врачей. Команда данного сервиса постоянно увеличивает определяемые заболевания и изучает новые появляющиеся клинические случаи. Сервис находится в состоянии бета-тестирования, но уже содержит базу данных из 201 заболевания и 99 симптомов. Все рекомендации и статьи в этом сервисе пишут эксперты с медицинским образованием. При этом, все они достаточно понятны обычным людям, незнающим сложные медицинские термины.

Сервис работает по следующему алгоритму:

- описываете симптомы (сначала вы рассказываете, что вас беспокоит);
- отвечаете на уточняющие вопросы (просто выбирая один из предложенных вариантов);
- получаете результат (отчет с возможными заболеваниями и вероятностью каждого из них).

«СберЗдоровье» (ранее назывался «DocDoc»), «СберМед ИИ» и лаборатория ИИ «Сбера» запустили свой бесплатный онлайн-сервис. Сервис предназначен для определения возможной болезни по симптомам с помощью искусственного интеллекта. Данный онлайн-сервис с точностью 75–91 % предложит диагнозы и порекомендует врача. Он поможет определить к какому врачу следует обратиться при недомогании, узнать три возможных диагноза и к какому врачу лучше обратиться. Для этого пользователь должен описать как минимум три симптома в специальном поле, а математическая модель проанализирует введенные данные. Симптомы можно описать своими словами – система понимает сокращения и текст с ошибками. После постановки диагноза система предлагает записаться на приём к врачу или проконсультироваться удалённо через «СберЗдоровье». Чтобы воспользоваться сервисом, не нужно регистрироваться или вводить личные данные. Чтобы обучить нейросеть, в неё загрузили более 4 млн установленных обезличенных диагнозов и их симптомов, рассказали в «СберЗдоровье». В памяти сервиса более 265 вероятных болезней – это 95 % диагнозов россиян при первичных обращениях в больницы или поликлиники. Точность постановки диагноза в компании оценили в диапазоне от 75 % до 91 %. В будущем компания планирует обучить нейросеть определять Covid-19 даже по редким симптомам: при характерных для коронавируса симптомах сервис предупредит о подозрении на болезнь и предложит обратиться в клинику, сдать ПЦР-тест или вызвать врача.

Еще один подобный сервис под названием «Проверить симптомы» имеет похожий функционал и может, учитывая введенные симптомы, бесплатно выдать информацию о возможных заболеваниях. Своевременная диагностика симптомов позволяет заблаговременно обнаружить возможные заболевания на ранней стадии развития, а также предотвратить угрозу здоровью и, соответственно, жизни человека. Однако, полученный результат не является диагнозом и не заменяет посещение реального врача. Если возникает подозрение о возможных заболеваниях, а также если это об этом сказал сервис, рекомендуется незамедлительно обратиться к врачу.

При длительно поиске удалось обнаружить систему искусственного интеллекта, которая создана в целях подбора оптимальной терапии и проверки безопасности лечения. Такая система названа авторами «Киберис» и управляется через веб-интерфейс. Данная система не имеет разума с собственной волей и у нее отсутствует сознание, однако она может понимать, осмысливать, анализировать и даже самообучаться. По словам создателя, «Киберис» создавалась в целях улучшения качества лечения пациентов и реализации проекта персонализированной медицины будущего. В такой системе будут применены все показатели больных вместе, где будет учтено их взаимное влияние на результат терапии.

Основной целью проекта является система, которая позволит проводить:

- опрос пациента и сбор наиболее важных симптомов;
- постановку диагноза;
- подбор вероятных методов лечения;
- их дифференцировку и выбор наиболее безопасных и эффективных;
- оценка результатов терапии с учетом каждого симптома, синдрома или анализа пациента;
- создание высоко доказательной базы эффективности и безопасности любой терапии;

- быстрое заполнение и хранение медицинской документации;
- прогнозирование результатов терапии.

На данный момент многое из вышеперечисленного уже воплощено.

Для чего же использовать «Киберис»? Данная система призвана значительно поднять эффективность терапии и уменьшить её осложнения и побочные эффекты. Ни один специалист не способен держать в голове столько информации, сколько обрабатывает робот. Поэтому использование синтетического разума «Киберис» позволит лечить больных лучше врачей-коллег, затрачивая на это меньше усилий.

Большая часть возможностей «Киберис» доступна всем бесплатно. Однако полноценное профессиональное использование системы без ограничений является платным.

В настоящее время существуют и другие приложения и сервисы, сделанные для подобной диагностики. Например, «Symptom Checker» – уникальный проект, сочетающий медицину с компьютерным искусственным интеллектом, разработанным профессиональными немецкими врачами. В контексте смоделированного разговора между врачом и пациентом вы получаете вопросы, на которые можете ответить индивидуально. Цель состоит в том, чтобы найти предполагаемый диагноз на основе ваших ответов о ваших симптомах и предоставить вам индивидуальную информацию, которая вам понадобится для возможной встречи с вашим настоящим врачом. Средство проверки симптомов поможет вам понять, как врач анализирует ваши симптомы. Это интерактивное приложение предназначено для людей, не имеющих медицинского образования. Средство проверки симптомов управляется передовым искусственным интеллектом, который синхронизирует ваши симптомы с крупнейшей существующей медицинской базой данных, которая включает более 1500 комбинаций симптомов. Средство проверки симптомов соответствует последним научным стандартам и регулярно получает обновления, поэтому мы можем гарантировать, что это приложение соответствует самым высоким медицинским стандартам.

«Medical diagnostics» – это услуга, которая позволяет пациенту узнать о возможных заболеваниях на основании симптомов, на которые он жалуется и которые поражают его в определенной части тела. Выбирая симптомы, на которые вы жалуетесь в той или иной части или частях вашего тела, вы можете узнать о возможных заболеваниях, которыми вы страдаете, а также можете больше узнать об этих заболеваниях, узнать их причины и методы лечения.

«LetsGetChecked» предлагает расширенные возможности тестирования здоровья на дому и доставки рецептов с быстрыми и точными лабораторными результатами, сертифицированными CLIA, и клинической поддержкой 1 на 1 на каждом этапе. Вы можете взять под контроль свое здоровье с помощью собственной персонализированной панели инструментов, которая позволяет отслеживать информацию о вашем здоровье и лекарствах. Нет необходимости в клиниках или встречах с «LetsGetChecked». Вы можете заказать необходимые анализы и лекарства.

В процессе поиска нам удалось найти множество различных сервисов и программ. Каждый из них имеет какие-то свои преимущества и уже был апробирован, в той или иной степени. Некоторые сервисы приносят уже давно действительно большую пользу. Однако, в основном, каждый из них выполняет какую-то одну основную функцию. Учитывая личный опыт, а также опросы и статистику, люди нуждаются в следующем функционале:

- определение заболеваний;
- определение состояния здоровья человека;
- консультирование;
- запись всех заболеваний и история учета;
- напоминание о приеме лекарств;
- нахождение ближайших и открытых больниц, аптек и т.д.;
- информация о врачах, больницах и аптеках;
- опыт работы и сделанные операции (сертификаты) врача;
- информация о болезнях и их симптомах;
- информация о лекарствах и их применении.

Несмотря на массу найденных нами приложений и сервисов, рынок сервисов и приложений для здоровья еще слабо освоен, в особенности для диагностики, помощи в лечении и уходе. Мы предполагаем, что если объединить весь названные выше функционал в один сервис или, например, мобильное приложение, то оно, при должном качестве, стало бы незаменимым помощником человека и мгновенно бы получило высокую оценку, став очень популярным. Тем не менее, несмотря на высокое развитие технологий, такое приложение все еще не заменит посещение и консультацию у профессионального врача. Однако, оно освободит массу времени, которое сегодня является наивысшим ресурсом, а также исключит неверную трактовку при самолечении и самоопределении необходимых лекарств.

Литература

1. Артюнина Г.П., Игнаткова С.А. Основы медицинских знаний: Здоровье, болезнь и образ жизни: учебное пособие для высшей школы – 2-е изд., перераб. – М. : Академический Проект, 2004. – 560 с.
2. Бароненко В.А., Рапопорт Л.А. Здоровье и физическая культура студента: учеб.пособие / Под ред. В.А. Бароненко. – М. : Альфа-М, 2003. – 352 с.
3. Основы медицинских знаний: учеб.пособие / Р.И. Айзман[и др.]. – Новосибирск : АРТА, 2011. – 224 с.
4. Зайцев А.Г., Зайцев Г.К. Педагогика счастья. – СПб. : Издательство «Союз», 2002. – 320 с.
5. Давиденко Д.Н., Щедрин Ю.Н., Щеголев В.А. Здоровье и образ жизни студентов: учебное пособие / Под. общ. ред. проф. Д.Н. Давиденко. – СПб. : СПбГУИТМО, 2005. – 124 с.
6. Тимушкина Н.В., Талагаева Ю.А. Здоровый образ жизни: учебное пособие / Под. общ. ред. Тимушкина Н.В., Талагаева Ю.А. – Саратов : Саратовский источник, 2005. – 124 с.
7. Хэлзи // HELZY.RU: сервис определения возможных заболеваний по симптомам. – 2022. – URL : <http://www.helzy.ru> (дата обращения: 09.04.2022).

References

1. Artyunina G.P., Ignatkov S.A. Fundamentals of medical knowledge: Health, disease and lifestyle: a textbook for higher education – 2nd ed., revised. – M. : Academic Project, 2004. – 560 p.
2. Baronenko V.A., Rapoport L.A. Health and physical culture of the student: textbook / Under the editorship of V.A. Baronenko. – M. : Alfa-M, 2003. – 352 p.
3. Fundamentals of medical knowledge: study guide / R.I. Aizman [et al.]. – Novosibirsk : ARTA, 2011. – 224 p.
4. Zaitsev A.G., Zaitsev G.K. Pedagogy of happiness. – SPb. : Soyuz Publishing House, 2002. – 320 p.
5. Davidenko D.N., Shchedrin Yu.N., Shchegolev V.A. Health and lifestyle of students: textbook / Under. total ed. prof. D.N. Davidenko. – SPb. : SPbGUITMO, 2005. – 124 p.
6. Timushkina N.V., Talagaeva Yu.A. Healthy lifestyle: textbook / Under. total ed. Timushkina N.V., Talagaeva Yu.A.. – Saratov : Saratov source, 2005. – 124 p.
7. Halzy // HELZY.RU: a service for determining possible diseases by symptoms. – 2022. – URL : <http://www.helzy.ru> (date of access: 04/09/2022).

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТ ПО УДАЛЕНИЮ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ПОРОСЛИ



ANALYSIS OF THE CRITERIA FOR ASSESSING THE QUALITY OF WORKS TO REMOVE UNWANTED GROWTH

Платонов Алексей Александрович

кандидат технических наук, доцент
кафедры механизации лесного хозяйства
и проектирования машин,
Воронежский государственный
лесотехнический университет
paa7@rambler.ru

Аннотация. При выполнении работ по удалению нежелательной растительности, произрастающей на территориях различных инфраструктурных объектов, продолжает оставаться актуальной проблема оценки качества осуществлённого воздействия на указанную растительность. В статье рассматриваются вопросы проверки качества удаления растительности, приводятся примеры критериев оценки качества, формулируется вывод о целесообразности разработки более детальных и обоснованных критериев оценки полноты и качества проведения работ по удалению растительности.

Ключевые слова: нежелательная растительность, удаление, территория, качество работ, оценка, параметры.

Platonov Alexey Alexandrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Mechanization Forestry
and Machine Design,
Voronezh State Forest
Engineering University
paa7@rambler.ru

Annotation. When performing work on the removal of unwanted vegetation growing on the territories of various infrastructure facilities, the problem of assessing the quality of the impact on the specified vegetation continues to be relevant. The article discusses the issues of checking the quality of vegetation re-moval, provides examples of quality assessment criteria, formulates a conclusion about the advisability of developing more detailed and reasonable criteria for assessing the completeness and quality of vegetation removal work.

Keywords: unwanted vegetation, removal, territory, quality of work, assessment, parameters.

При выполнении работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территорий различных инфраструктурных объектов (полос отвода автомобильных и железных дорог, трасс линий электротрансформации, охранных зон газо-, нефте- и продуктопроводов) продолжает оставаться актуальной проблема оценки качества выполненных работ. В соответствии со сложившейся в настоящее время практикой, организация работ по очистке территорий вышеуказанных инфраструктурных объектов от нежелательной растительности осуществляется через процедуру рассмотрения конкурсных заявок (тендеров) на право выполнения указанных работ, при этом в соответствующих технических заданиях, являющихся неотъемлемой частью данных заявок, предусмотрено подписание акта приёма выполненных работ. Однако выполненным нами анализом было выявлено отсутствие единообразных способов и/или методов оценки качества работ по удалению нежелательной растительности при фактически полном отсутствии каких-либо критериев, однозначно определяющих степень качества и эффективности выполненных мероприятий по очистке территорий инфраструктурных объектов от нежелательной древесно-кустарниковой растительности.

При исследовании конкурсных заявок [1] нами было установлено, что в тендерах, посвящённых удалению нежелательной растительности, организации-Заказчики не уделяют должного внимания вопросам оценки качества выполненных работ, а также формулировкам того, что именно является результатом данных работ. В частности нами было выявлено, что в подавляющем большинстве случаев в технических заданиях (ТЗ) вообще отсутствуют какие-либо указания на необходимость проверки качества удаления растительности, ограничиваясь при этом формулировками типа «... работы необходимо выполнить качественно и в сроки, не позднее предусмотренных в графике». При этом лишь в нескольких однотипных ТЗ, посвящённых вопросам удаления

нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) в охранных зонах ЛЭП, была выполнена формулировка результата оказания услуг, а именно: «... расчистка ... от древесно-кустарниковой растительности согласно акту натурального технического обследования участка лесного фонда». Однако отметим, что указанный акт применяется лишь при «... переводе лесных земель в нелесные земли для использования их в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства и использованием лесным фондом» [2], а следовательно применение такого акта при оценке качества удаления нежелательной растительности нецелесообразно.

Менее развёрнуто, но при этом на наш взгляд более ёмко была выполнена формулировка результата оказания услуг в техническом задании, посвящённом вопросу удаления нежелательной растительности в охранной зоне магистрального нефтепровода, а именно: «... результатом оказания услуг является отсутствие НДКР на очищаемой территории». Предложенная формулировка по своей сути верно описывает ожидаемый организацией-Заказчиком работ результат, хотя при этом в ней отсутствуют какие-либо конкретные оценочные критерии выявления указанного «отсутствия». Ввиду набирающей популярности предоставления в тексте ТЗ географических координат характерных элементов объекта воздействия заслуживают внимания приведённые в данном же техническом задании указания о необходимости приёмки работ по удалению растительности с применением «... спутниковых систем позиционирования (GPS, Глонасс)», что конечно же повышает точность оценки качества рассматриваемых работ.

В случае предусмотренного организацией-Заказчиком контроля качества работ по удалению нежелательной растительности, практически ни в одном ТЗ не указывается цель такого контроля. Исключением является лишь несколько однотипных технических заданий на удаление поросли в охранных зонах трасс ВЛ, в которых отмечается, что «... цель контроля качества – исключить возможность выполнения работ некачественно, предупредить возникновение брака в процессе работ, повысить ответственность исполнителей». Обратим внимание на тавтологию использованных формулировок: «... качества ... некачественно», находящихся фактически в соседних строках, что на наш взгляд недопустимо.

Тем не менее, в ряде ТЗ всё-таки указывается на необходимость оценки качества удаления растительности, в частности в нескольких технических заданиях отмечается, что «... проверка работ осуществляется приёмочной комиссией ..., при этом должны быть отражены объёмы выполненных работ». Данная формулировка указывает на наш взгляд то, что оценка качества в таких случаях ведётся лишь по одному критерию, а именно: по «объёмам» удаления растительности, что фактически означает – по площади, пройденной организацией-Исполнителем рассматриваемых работ. Для подтверждения данного критерия такая проверка работ очень часто сопровождается выполнением фотоотчёта. Например, в целом ряде технических заданий на расчистку полос отвода железных дорог от нежелательной древесно-кустарниковой растительности (в частности, в техническом задании, подготовленном в 2018 г. Дирекцией инфраструктуры Горьковской железной дороги) отмечается, что после завершения выполнения работ Подрядчику «... необходимо представить Заказчику акт сдачи-приёмки выполненных работ, подтвердив сведения, предоставленные в акте несколькими фотоматериалами, зафиксировавшими место выполнения работ до начала их выполнения и по их окончании». Однако отметим, что при всей полезности фотофиксации места выполнения работ, она способна запечатлеть лишь отдельные места территории воздействия на нежелательную растительность, в противном случае необходимо выполнить фото- или видеофиксацию всей указанной территории, при этом в обоих случаях оценка качества удаления растительности выполняется субъективно.

Кроме однокритериальной («по площадям») оценки качества работ удаления нежелательной растительности нами были выявлены двухкритериальные способы оценки. В частности, в техническом задании на расчистку просек трасс ВЛ напряжением 6 ... 10 кВ были указаны требования к качеству работ, заключающиеся в «... 100 % расширении до норматива и расчистке просек от древесно-кустарниковой растительности», а также в том, что «... деревья, угрожающие падением на провода ВЛ (накло-

нённые, зависшие, подгоревшие, подгнившие, сухостойные, буреломные), находящиеся на границе просеки и за её пределами, должны быть спилены в 100 % случаев». Первый критерий – это критерий оценки «по площадям», который конечно же должен присутствовать при оценке качества рассматриваемых работ, однако на наш взгляд он должен учитывать не только нормативы, но и быть «привязанным» к фактической площади удаления растительности. Второй критерий, при всей его неоспоримости подразумевает «спиливание» нежелательной древесно-кустарниковой растительности, в то время как нами в работах [3] указывалось на распространённость в настоящее время и иных способов воздействия на указанную растительность.

В целом, вопросы соблюдения требований различных нормативно-технических документов встречаются практически в 100 % случаев технических заданий на удаление нежелательной растительности (при этом соблюдение указанных требований неоспоримо), однако ссылки на них при рассмотрении вопроса об оценке качества рассматриваемых работ на наш взгляд выполнять нецелесообразно, так как такие ссылки не предоставляют конкретного алгоритма действий Исполнителям, осуществляющим контроль качества удаления растительности. Примером этого может служить весьма расплывчатое указание критериев оценки качества выполняемых работ в техническом задании на выполнение работ по расчистке трассы воздушной линии электропередачи 10 кВ от древесно-кустарниковой растительности механизированным способом для нужд АО «Новгородоблэнерго» в 2018 г., в соответствии с которым «... качество выполняемых работ должно соответствовать требованиям действующих строительных норм и правил (СНиП), национальным стандартам, техническим условиям, технической документации и другим нормативным актам». Аналогично, на наш взгляд недопустимо и такое выявленное нами указание о контроле качества работ по удалению нежелательной поросли, как «... систематическое наблюдение и проверка соответствия выполняемых работ Техническому Заданию».

Многокритериальные способы оценки качества удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на территориях тех или иных инфраструктурных объектов, встречаются в настоящее время крайне редко. В частности, в техническом задании на выполнение работ по расчистке трассы ВЛ 220 ... 500 кВ от древесно-кустарниковой растительности и утилизации порубочных остатков Забайкальского ПМЭС (2014 ... 2018 гг.) нами был выявлен способ оценки качества удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности, заключающийся в определении соответствия расчищенной от нежелательной древесно-кустарниковой растительности территории ряду основных и дополнительных требований, при этом к основным требованиям относятся выполнение объёмов и соблюдение сроков работ в соответствии с техническим заданием, соблюдение требований законодательства Российской Федерации, выполнение персоналом требований технологической документации, а к дополнительным требованиям относятся наличие необходимого комплекта технологической документации, применение необходимой технологической оснастки, приспособлений, механизмов и инструмента, предусмотренных технологической документацией, соответствие выполнения технологических операций требованиям технологической документации, при этом за качество выполненных работ выставляется одна из следующих оценок: оценка «отлично» устанавливается при выполнении всех основных и дополнительных требований; оценка «хорошо» устанавливается при выполнении всех основных и частичном выполнении (не менее 70 %) дополнительных требований, оценка «удовлетворительно» устанавливается при выполнении всех основных и частичном выполнении (менее 70 %) дополнительных требований, оценка «неудовлетворительно» устанавливается при невыполнении одного и более основных требований. Отметим, что на наш взгляд авторам указанного технического задания удалось хотя бы на немного уйти от субъективности в оценке качества выполненных работ по удалению нежелательной растительности за счёт введения критериальных оценок, градация которых основана на процентном соотношении «выполнение/не выполнение» ряда требований. Однако к недостаткам существующего способа относится на наш взгляд избыточное внимание к соблюдению требований (и к наличию) технологической и законодательной документации

(3 оценочных критерия-требования из 6) при недостаточном внимании к фактически достигнутым результатам удаления нежелательной растительности на обследуемой территории (например, количеству оставшихся на «расчищенной» территории экземпляров нежелательной растительности).

Аналогично вышерассмотренному, в нескольких однотипных технических заданиях на расчистку охранных зон трасс ВЛ нами был выявлен многокритериальный способ оценки качества удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности, в котором организацией-Заказчиком работ были сформулированы следующие основные критерии оценки качества удаления нежелательной растительности:

1. Соответствие фактических сроков выполнения работ предусмотренным договором сроком;
2. Соответствие запланированного в договоре объёма финансирования фактическому объёму;
3. Соблюдение Исполнителем работ технологической последовательности операций. Своевременное оформление актов на скрытые работы. Полнота и качество проведения работ;
4. Соблюдение Исполнителем работ требований пожарной безопасности и охраны труда;
5. Достоверность и своевременность предоставления отчётов по выполнению работ (наличие всех необходимых подтверждающих и финансовых документов);
6. Выполнение работ обученным и квалифицированным персоналом;
7. Руководящий состав Исполнителя имеет необходимую аттестацию в Ростехнадзоре, квалификацию, опыт, знания и навыки работы на технологических объектах и производственных площадках;
8. Своевременное и качественное предоставление Исполнителем работ исполнительной документации по окончании работ;
9. Укомплектованность необходимым инструментом и механизмами для производства работ по договору.

Анализ вышеприведённых критериев показывает, что некоторые из них лишь с большой натяжкой можно отнести к сути рассматриваемого вопроса. При неоспоримых критериях 1, 2 и 9 (сроков, объёма финансирования и фактической укомплектованности оборудованием), а также целесообразных критериях 4, 6 и 7 (фактически связанных с персоналом, осуществляющим непосредственно работы, и руководством этими работами) у нас вызывают вопрос необходимости дублирования друг друга критериев 5 и 8 (связанных с предоставлением организации-Заказчику работ необходимой документации). Фактически непосредственной оценке качества выполнения работ по удалению НДСР с объекта инфраструктуры посвящён лишь критерий 3, который впрочем предусматривает соблюдение Исполнителем работ последовательности выполнения технологических операций и (опять же!) оформление необходимой документации при отсутствующих пояснениях о том, как выполнить конкретную проверку «... полноты и качества проведения работ».

С учётом выше изложенного, можно сделать следующий вывод.

При организации и проведении работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности с территорий различных инфраструктурных объектов не уделяется должного внимания вопросам оценки качества выполненных работ, при этом указанная оценка при формировании акта приёмки работ или вообще не предусмотрена соответствующим техническим заданием, или осуществляется формально путём однокритериальной оценки по «объёму» удаления растительности (фактически – по площади, пройденной организацией-Исполнителем рассматриваемых работ). Принимая во внимание выявленную нами крайне низкую степень распространённости многокритериальных способов оценки качества удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности, нам представляется необходимым (используя опыт организаций-Заказчиков работ по удалению нежелательной растительности) разработать более детальные и обоснованные критерии оценки полноты и качества проведения указанных работ, а также формулировку ожидаемого результата их выполнения.

Литература

1. Ersson B.T., Platonov A., Zimarin S.V. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation // In the collection : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions»». – 2020. – P. 012–022.
2. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 24 ноября 2004 г. № 701 «Об утверждении порядка подготовки и утверждения акта натурного технического обследования участка лесного фонда». – URL : <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=68405> (дата обращения: 25.03.2022).
3. Платонов А.А. Исследование и систематизация существующих техно-логических процессов удаления нежелательной растительности // Системы. Методы. Технологии. – 2020. – № 3 (47). – С. 63–73.

References

1. Ersson B.T., Platonov A., Zimarin S.V. Analysis of the information content of tenders for the removal of unwanted vegetation // In the collection : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions»». – 2020. – P. 012–022.
2. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated November 24, 2004 № 701 «On approval of the procedure for preparing and approving an act of field technical inspection of a forest fund site». – URL : <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=68405> (date of access: 03/25/2022).
3. Platonov A.A. Research and systematization of existing technological processes for removing unwanted vegetation // Systems. Methods. Technology. – 2020. – № 3 (47). – P. 63–73.

УДК 69.059

МЕТОДЫ УСИЛЕНИЯ КЛАДКИ КИРПИЧНЫХ СТЕН



METHODS OF STRENGTHENING THE MASONRY OF BRICK WALLS

Слободская Анастасия Анатольевна

бакалавр

Кубанский государственный технологический университет

slobodskaya.2000.n@gmail.com

Миронова Ирина Анатольевна

бакалавр

Кубанский государственный технологический университет

mircha1903177@mail.ru

Slobodskaya Anastasia Anatolyevna

Bachelor,

Kuban State Technological University

slobodskaya.2000.n@gmail.com

Mironova Irina Anatolevna

Bachelor,

Kuban State Technological University

mircha1903177@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы усиления кирпичных стен обоями, напряженными поясами и композитными материалами. Приведены факторы, влияющие на разрушение стен и виды деформаций, снижающие долговечность постройки. Проанализированы технологии усиления, последовательность действий, приведены плюсы и минусы каждого метода. На основании представленных способов укрепления показана эффективность использования композитных материалов.

Ключевые слова: кирпичные стены, композитные материалы, углеволокно, стальные обоймы, железобетонные обоймы, напряженные пояса.

Annotation. The article discusses the main methods of reinforcing brick walls with clips, stressed belts and composite materials. The factors influencing the destruction of the walls and the types of deformations that reduce the durability of the building are given. The amplification technologies, the sequence of actions are analyzed, the pros and cons of each method are given. Based on the presented methods of strengthening, the effectiveness of the use of composite materials is shown.

Keywords: brick walls, composite materials, carbon fiber, steel cages, reinforced concrete cages, stressed belts.

При проведении капитального ремонта зачастую выявляется необходимость в усилении кирпичных стен. Это требуется в первую очередь для того, чтобы восстановить, а также повысить несущую способность конструкции.

В основном, разрушению кирпичных стен способствуют следующие факторы:

- дефекты опорных конструкций;
- силовые воздействия при стихийных бедствиях;
- неравномерная осадка здания;
- превышение проектной нагрузки и так далее.

Также следует отметить те виды деформаций, которые наиболее часто встречаются в кирпичных стенах:

- разрушение поверхностей кладки;
- трещины на наиболее нагруженных участках
- разрушение из-за вымораживания нижней части цоколя и другие.

Наиболее часто используемыми методами усиления кирпичной кладки являются:

– усиление обоями (мы рассмотрим две их разновидности: стальные и железобетонные)

- усиление напряженными поясами из стали,
- усиление композитными материалами.

Для начала рассмотрим стальные обоймы. Они представляют собой систему вертикальных уголков, которые установлены по углам усиливаемой конструкции и к которым приварены стальные полосы.

Расстояние между располагаемыми хомутами следует выполнять не более 50 см, а также оно не должно превышать размер сечения конструкции. На элементы обоймы наносится слой цементного раствора – для того, чтобы защитить их от коррозии. Толщина этого слоя должна составлять 25–30 мм.

Что касается железобетонной обоймы, для нее используют бетон классов В12,5–В15 с системой армирования вертикальными стержнями и сварными хомутами,

которые располагают между собой на расстоянии, не превышающем 15 см. Для определения толщины слоя бетона необходимо произвести расчет, обычно получается 6–10 см.

При методе усиления обоями кирпичная конструкция начинает работать при всестороннем сжатии, вследствие чего сопротивляемость кирпичной конструкции воздействию продольной силы увеличивается.

Очень часто стены здания трескаются из-за того, что происходят неравномерные осадки грунтового основания. Эта проблема решается с помощью устройства напряженных поясов из стали.

Последовательность работ, используемая в данном методе следующая:

1. Разместить напряжённые стальные тязи по периметру здания на уровне перекрытия.

2. Поставить уголки, к которым крепятся тязи путём сварки, по углам здания. Так образуются замкнутые пояса.

3. Осуществить натяжение поясов, чтобы создать сжимающие усилия. Эти усилия способны препятствовать силам, возникающим из-за деформаций грунта.

4. Установить стальные муфты для осуществления синхронного напряжения по периметру строения.

При помощи вышеперечисленных действий мы можем увеличить пространственную жесткость здания. Это поможет перенести нагрузки на грунтовое основание и выровнять осадки.

Усиление обоями и напряженными поясами имеет ряд плюсов и минусов и часто применяется для кирпичных стен. Однако самым используемым методом можно считать укрепление с помощью композитных материалов.

Композитные материалы представляют собой ткани, ленты, холсты. Они состоят из армирующего компонента и связующего.

При усилении кирпичных стен композитами наиболее часто применяются такие материалы, как: углеволокно, стекловолокно и базальтовое волокно.

Суть такого метода усиления заключается в том, что композиционные ленты наклеивают с помощью специального эпоксидного клея на поверхность конструкции. Перед этим обязательно производят подготовку кирпичной конструкции, а именно грунтуют поверхностный слой. Недостаток такого метода усиления – это то, что кирпичная стена теряет свойство паропроницаемости, а также теряется контроль над образованием трещин.

Расположение композиционных материалов обязательно должно быть перпендикулярно трещинам, образованным в стене.

Если мы выбрали сетки в качестве усиления – лучше использовать базальтовое волокно. Это будет более эффективно чем, к примеру, стекловолокно.

Для усиления лентами рациональнее будет применить углеволокно.

Основными причинами для предпочтительного укрепления кирпичных стен зданий углекомпозитами являются:

- простота технологии производства и установки, существенное сокращение трудозатрат и минимальный расход времени;
- быстрый монтаж;
- увеличение надежности и долговечности строения;
- возможность сохранения эстетичного вида строения;
- соответствие архитектурным нормам.

Таким образом, применение композитных материалов является более современным способом усиления конструкций из кирпича. Он позволяет повысить несущую способность конструкции и обеспечивает долгосрочную эксплуатацию всего здания в целом, не требуя особых энергозатрат [2]. Сегодня композиты получают все большее распространение в нашей стране.

Специалисты в области строительства прогнозируют существенный рост использование этих материалов уже к 2025 году. Сейчас идёт разработка нормативов и стандартов по данному методу усиления, технический комитет утвердил более 400 стандартов и подготовил 25 новых сводов правил в области композитных материалов.

Литература

1. Старцев С.А., Сундуков А.А. Усиление кирпичной кладки композитными материалами и винтовыми стержнями // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – № 6. – С. 16–30.
2. 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.
3. Антаков А.Б. Прочность каменных кладок, армированных композитными сетками // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 7. – С. 110–118.
4. Леонова А.Н., Чагина А.С. Сравнение особенностей u-образного анкерного крепления с другими видами креплений при усилении конструкций композитным материалом // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2021. – № 5. – С. 40–50.
5. Римлян В.И., Меркулов С.И. О нормировании характеристик стержневой композитной арматуры // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 5. – С. 22–26.
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. Способ усиления кирпичных стен / М.А. Марджаншвили [и др.]. – 1982.
8. Заика А.Е., Леонова А.Н. Усиление кирпичной кладки стальной и железобетонной обоймами // В сборнике: Сборник лучших научных работ молодых ученых Кубанского государственного технологического университета, отмеченных наградами на конкурсах. В 3-х частях. – Краснодар, 2016. – Ч. ? . – С. 24–27.
9. Аралов Р.С., Курбатов В.Л., Методы усиления кирпичных стен при проведении капитального ремонта // Аллея науки. – 2017. – С. 8–10.
10. Analytical aspects of special purpose metal structures design / E.N. Karpanina [et al.] // Revista Publicando. – 2018. – Vol. 5. – № 14–2. – P. 735–743.
11. 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.
12. Sorokina E., Leonova A. Evaluation of the survivability of metallic elements in local damage given the beyond design basis effects // In the collection: MATEC Web of Conferences. – 2018. – P. 02008.
13. Леонова А.Н., Бибиков 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.

References

1. Startsev S.A., Sundukov A.A. Strengthening brickwork with composite materials and screw rods // Construction of unique buildings and structures. – 2014. – № 6. – P. 16–30.
2. 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 / General edition: V.I. Orobinsky, V.G. Kozlov. – 2016. – P. 24–26.
3. Antakov A.B. The strength of masonry reinforced with composite meshes // Successes of modern natural science. – 2014. – № 7. – P. 110–118.
4. Leonova A.N., Chagina A.S. Comparison of the features of the u-shaped anchor fastening with other types of fastenings when strengthening structures with a composite material // Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubGTU» . – 2021. – № 5. – P. 40–50.
5. Rimlyan V.I., Merkulov S.I. On the regulation of the characteristics of rod composite reinforcement / Industrial and civil construction. – 2016. – № 5. – P. 22–26.
6. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of strengthening reinforced concrete columns // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin) . – 2019. – № 2. – P. 287–289.
7. A way to reinforce brick walls / M.A. Marjanshvili [et al.]. – 1982.
8. Zaika A.E., Leonova A.N. Reinforcement of brickwork with steel and reinforced concrete clips // In the collection: Collection of the best scientific works of young scientists of the Kuban State Technological University, awarded at competitions. In 3 parts. – Krasnodar, 2016. – P. 24–27.

9. Aralov R.S., Kurbatov V.L., Methods for strengthening brick walls during major repairs // Alley of Science. – 2017. – P. 8–10.
10. Analytical aspects of special purpose metal structures design / E.N. Karpanina [et al.] // Revista Publicando. – 2018. – Vol. 5. – № 14–2. – P. 735–743.
11. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of strengthening metal structures with composite materials when exposed to an aggressive environment // Bulletin of MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
12. Sorokina E., Leonova A. Evaluation of the survivability of metallic elements in local damage given the beyond design basis effects // In the collection: MATEC Web of Conferences. – 2018. – P. 02008.
13. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovation in construction. Collection of materials of the III International scientific-practical conference. – 2020. – P. 16–21.

УДК 69.059

ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ



INNOVATIVE METHOD OF WATER PURIFICATION FROM MAN-MADE POLLUTIONS

Терехов В.В.

студент ИМРИТТС,
Кубанский государственный технологический университет
mitya.ivanov.2015@gmail.com

Чумак И.А.

магистрант
Кубанский государственный технологический университет
chumak1987@mail.ru

Терехов В.В.

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

Аннотация. В статье описывается инновационный метод очистки воды в местах техногенных загрязнений. Проводится анализ и сравнение с другими методами очистки. Предлагается новая технология очистки воды от техногенных загрязнений путем разделения жидкости и твердых частиц по плотности за счет центробежной силы.

Ключевые слова: очистка воды, разлив нефтепродуктов, техногенные загрязнения, методы очистки, криволинейный канал, центробежная сила, осаждающая сила, устройство для очистки воды.

Terekhov V.V.

IMRITTS Student,
Kuban State Technological University
mitya.ivanov.2015@gmail.com

Chumak I.A.

Master's Student,
Kuban State Technological University
chumak1987@mail.ru

Terekhov V.V.

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

Annotation. The article describes an innovative method of water purification in places of man-made pollution. Analysis and comparison with other cleaning methods are carried out. A new technology of water purification from man-made pollution by separating liquid and solid particles by density due to centrifugal force is proposed.

Keywords: water purification, oil spill, man-made pollution, purification methods, curved channel, centrifugal force, precipitating force, water purification device.

В настоящее время стали не редкостью аварии на нефтепроводах и разливы нефтепродуктов при их транспортировке. Так, на Черном море залповый выброс сырой нефти произошел 7 августа 2021 г. в 6 км от берега в районе Новороссийска посёлка Южная Озереевка. Авария случилась при погрузке Греческого танкера *Minerva Symphony* через выносное причальное устройство с терминала Каспийского трубопроводного консорциума. По данным мониторинга со спутника, нефтяное пятно составило более 85 км². Экологи называют эту аварию самой глобальной на Юге России за последние 10 лет.

Последствия разливов нефти многолики: пагубное влияние самой нефти на растения и животных, вред от использования токсичных веществ для устранения разлива, загрязнение питьевой воды и воздуха, финансовые убытки населения, чей доход зависит от рыболовства, разрушение культуры местных сообществ, пляжей и даже увеличение риска погодных аномалий, таких как ураганы и тайфуны.

Для ликвидации аварийных разливов нефти существует четыре основных метода очистки:

– *Механический способ* – включает в себя отстаивание, центробежное удаление загрязняющих воду примесей и фильтрацию. При отстаивании частицы более плотные, чем вода, оседают на дно и, соответственно, те из них, чья плотность ниже плотности воды, остаются на поверхности. Сооружения, в которых осуществляется данная манипуляция, представляют собой, по сути, резервуары-отстойники. Чаще всего на крупных нефтеперерабатывающих предприятиях используют статические от-

стойники, в которых за 6 часов отстаивания можно отделить до 95 % легко отделимых и некоторую незначительную часть трудноотделимых загрязняющих частиц от воды.

– *Химический способ* – добавление в очищаемые сточные воды специально разработанных химических реагентов. Зачастую такие химические вещества вызывают выпадение примесей в виде осадков.

– *Физико-химический способ* – применение процессов коагуляции, флотации, сорбции. Принцип действия метода основан на ускоренном превращении загрязняющих мелкодисперсных и эмульгированных частиц в более крупные образования, способные выпасть в осадок. Для осуществления данного процесса используют специальные химические реагенты-коагулянты, превращающиеся в воде хлопья, которые притягивают к себе частицы нефтепродуктов и вместе с ними оседают на дно.

– *Биологический способ* – использование для очистки различных микроорганизмов к расщеплению и усвоению вредоносных примесей. Некоторые микроорганизмы используют непосредственно саму нефть и производные от нее нефтепродукты в процессе своей жизнедеятельности в качестве основного источника питания. Переработанные микроорганизмами нефтепродукты окисляются, разлагаясь на несколько безопасных для человека и окружающей среды веществ: воду, углекислый газ, соли нитратов, соли сульфатов и прочие соединения.

Самый распространённый метод очистки воды от техногенных загрязнений - механический. Представляет собой обычный сбор разлитой нефти с поверхности воды, он включает в себя отстаивание, центрифугирование и фильтрацию.

Все устройства и приспособления, применяемые при механическом методе очистки разливов нефтепродуктов, имеют ряд недостатков:

– имеют большой вес и габариты, что не удобно при сборе нефтепродуктов на воде;

– очистка занимает длительное время из-за применения отстаивания;

– имеет большую себестоимость и дорого в обслуживании.

Учитывая все недостатки и достоинства современных технологий очистки нефтепродуктов в местах техногенных загрязнений, необходимо разрабатывать новые инновационные устройства и применять новые технологии очистки вод от техногенных загрязнений.

На основании проведенного анализа сформулированы требования к разрабатываемому устройству для очистки воды от нефтепродуктов в местах техногенных загрязнений:

– высокая степень очистки, обеспечивающая полное отделение частиц примесей с размером 5 мкм и более;

– минимальное гидравлическое сопротивление при эксплуатационных значениях расхода перекачиваемой жидкости;

– минимальный вес и габариты устройства, обеспечивающие высокую мобильность;

– отсутствие движущихся частей;

– полная герметичность устройства, обеспечивающая его пожаробезопасность;

– простота и надежность в эксплуатации;

– высокая ремонтпригодность;

– минимальная стоимость изготовления и эксплуатации.

Ускорению процессов очистки воды от нефтяных примесей при механическом способе очистки препятствует малое значение равнодействующих сил, действующих на частицы примеси, причем с уменьшением размера частиц сила тяжести и архимедова сила убывают пропорционально кубу размера, а лобовое сопротивление частиц - пропорционально квадрату, следовательно, осаждающая сила с уменьшением размера частиц убывает. При величине частиц порядка 0,1 мкм время осаждения стремится к бесконечности, поскольку скорость броуновского движения имеет порядок, сравнимый со скоростью осаждения частицы взвеси. Увеличить массовые силы можно путем придания жидкости с содержащимися в ней примесями ускорения, например, за счет закручивания потока.

В этом случае роль осаждающей силы будет играть центробежная сила, величина которой вычисляется по известной формуле:

$$F_{ц} = \rho_{пр} \frac{\pi d^3 v^2}{6 r}, \quad (1)$$

где $\rho_{пр}$ – плотность примеси, кг/м³;
 d – размер частицы примеси (диаметр), м;
 v – скорость потока жидкости, м/с;
 r – радиус поворота потока жидкости.

Средняя скорость течения может определиться из уравнения неразрывности, она постоянна для всех сечений потока жидкости:

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4M}{\rho_{ж} \pi D^2} = \text{const}, \quad (2)$$

где Q – объемный расход жидкости, м³/с;
 M – массовый расход жидкости, кг/с;
 $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м³;
 D – диаметр сечения канала, м².

Для проведения экспериментальных исследований использовалась экспериментальная установка со скоростью потока равной 2,12 м/с в трубопроводе $D = 100$ мм, для удобства проведения экспериментов диаметр трубопровода был уменьшен до 60 мм при этом скорость потока достигает 6 м/с.

Примем расчетный диаметр частиц $d = 7$ мкм = $7 \cdot 10^{-6}$ м, плотность примеси (воды) $\rho_{ж} = 1000$ кг/м³, тогда величина центробежной силы, действующей на частицу при радиусе 30 мм (тангенциальный вход потока в трубопровод) составит:

$$F_{ц} = \rho_{пр} \frac{\pi d^3 v^2}{6 r} = 1000 \frac{3,14 \cdot 343 \cdot 10^{-18} \cdot 36}{6 \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 2,155 \cdot 10^{-10} \text{ Н.}$$

Это в 122 раза превышает силу тяжести частицы:

$$mg = \rho_{пр} \frac{\pi d^3 g}{6} = 1000 \frac{3,14 \cdot 343 \cdot 10^{-18} \cdot 9,81}{6} = 1,76 \cdot 10^{-12} \text{ Н.}$$

Это свойство завихренного потока широко используется в так называемых гидроциклонах. Однако у серийно выпускаемых гидроциклонов степень очистки топлива не столь высока, как могла бы быть. Это связано с организацией потока жидкости в циклонной установке.

Следовательно, исходя из вышеизложенного, устройство должно представлять собой неподвижный канал определенной формы, в котором происходит отделение примесей от жидкости. Поскольку скорость течения должна быть постоянной, канал должен иметь постоянную площадь и, желательно, постоянную форму сечения. Для возникновения центробежных сил канал должен иметь определенную кривизну, вектор скорости должен изменять свое направление вдоль канала. Влияние пограничного слоя ограничено его сливом, в районе сбора осажденных частиц примесей.

Изложенным требованиям в полной мере отвечает канал с уменьшающимся радиусом с круглым или овальным поперечным сечением. Влияние пограничного слоя устраняется с помощью слива нефтепродуктов вместе с осажденными примесями в щель, выполненную по внешней образующей канала. В результате канал принимает форму улитки, как показано на рисунке 1.

Разработанное устройство рисунок 1 содержит корпус с входным и выходным патрубками. При этом в корпусе выполнен спиралеобразный проточный канал с постоянным значением площади круглого поперечного сечения, оконечная часть которого выведена в выходной патрубок. При этом по внешней образующей проточного канала выполнена щель для отвода нефтепродуктов, соединенная по всей длине с каналом отвода. Канал отвода нефтепродуктов соединен с внешним приемником предпочтительно через регулирующее устройство.

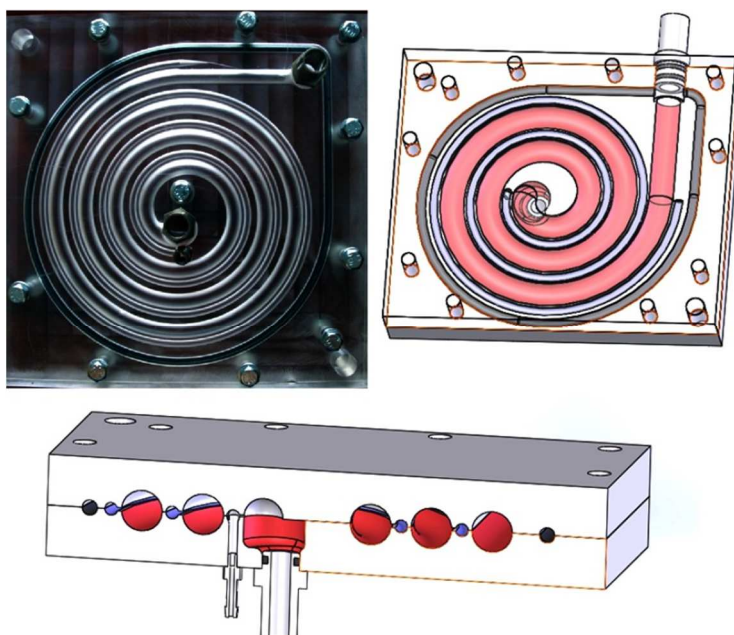


Рисунок 1 – Физическая модель устройства для очистки воды в местах техногенных загрязнений

Устройство для очистки воды в местах техногенных загрязнений рисунок 1 работает следующим образом. Жидкость под давлением подается во входной патрубке устройства и далее поступает в спиралеобразный проточный канал. Поскольку проточный канал имеет криволинейную форму, на жидкость и взвешенные в ней твердые частицы действуют центробежные силы. Под действием этих сил происходит распределение по плотности воды и нефтепродуктов в поперечном сечении канала. На выходе из устройства происходит разделение жидкости: нефтепродукты через канал отвода и регулирующее устройство сливаются во внешний приемник для дальнейшей переработки, а вода через выходной патрубок выливается обратно в место забора.

Таким образом, применение инновационного метода очистки воды в местах техногенных загрязнений позволит:

- Полностью или частично отказаться от всех этапов механического метода очистки нефтепродуктов.
- Улучшить массогабаритные показатели на 30 % – за счет использования разработанного устройства очистки.
- Сократить время очистки нефтепродуктов на 15 % – за счет исключения процесса отстаивания нефтепродуктов.
- Сократить расходы на 15 %, связанные с содержанием и обслуживанием, за счет применения простого и дешевого механического метода очистки.

Литература

1. Сепаратор очистки жидкости центробежный с кольцевыми каналами / В.В. Терехов [и др.] // Патент на полезную модель 204736 U1, 08.06.2021. Заявка № 2021102923 от 08.02.2021.
2. Чумак П.В., Терехов В.В., Черный Р.Р. Устройство очистки жидкости. Патент на полезную модель RU 161442 U1, 20.04.2016. Заявка № 2015147679/05 от 05.11.2015.
3. Терехов В.В., Черный Р.Р., Пережогин Л.А. Сепаратор очистки жидкости центробежный. Патент на изобретение RU 2484877 C1, 20.06.2013. Заявка № 2012109098/05 от 11.03.2012.
4. Черный Р.Р., Терехов В.В., Рябухин М.И. Устройство очистки жидкости. Патент на полезную модель RU 116781 U1, 10.06.2012. Заявка № 2012101719/05 от 18.01.2012.
5. Докучаев В.Г., Рябухин М.И., Терехов В.В. Устройство для очистки жидкости. Патент на изобретение RU 2404839 C1, 27.11.2010. Заявка № 2009121486/05 от 08.06.2009.
6. Докучаев В.Г., Терехов В.В. Методика численного моделирования турбулентного течения в осесимметричном канале // The Methodic of computational modeling of turbulent stream in axisymmetric channel. Техника и технология. – 2010. – № 4. – С. 29–33.

References

1. Centrifugal liquid purification separator with annular channels / V.V. Terekhov [et al.] // Patent for utility model 204736 U1, 08.06.2021. Application № 2021102923 dated 08.02.2021.
2. Chumak P.V., Terekhov V.V., Cherny R.R. Liquid purification device. Patent for Utility Model RU 161442 U1, 20.04.2016. Application № 2015147679/05 dated 05.11.2015.
3. Terekhov V.V., Cherny R.R., Perezhogin L.A. Centrifugal liquid purification separator. Patent № RU 2484877 S1, 20.06.2013. Application № 2012109098/05 dated 11.03.2012.
4. Cherny R.R., Terekhov V.V., Ryabukhin M.I. Liquid purification device. Patent for Utility Model RU 116781 U1, 10.06.2012. Application № 2012101719/05 dated 18.01.2012.
5. Dokuchaev V.G., Ryabukhin M.I., Terekhov V.V. Liquid cleaning device. Patent № RU 2404839 S1, 27.11.2010. Application № 2009121486/05 dated 08.06.2009.
6. Dokuchaev V.G., Terekhov V.V. The Method of Computational Modeling of Turbulent Stream in axi-symmetric channel. Technique and technology. – 2010. – № 4. – P. 29–33.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОГО ПРОФИЛЯ



FEATURES OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF FOOD ENTERPRISES

Удодов Сергей Алексеевич

Кубанский государственный технологический университет

Шиян Денис Викторович

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Эффективность работы предприятий по переработке агропищевого сырья во многом зависит от рационального проектирования производственного здания, позволяющего организовать поточность производства на технологических линиях. Разнообразие подходов к выполнению строительной части выпускных квалификационных работ (ВКР), зависит от видов перерабатываемого сырья и ассортимента готовой продукции. Например, нет необходимости строить капитальное здание для переработки сезонного моносырья: зеленого горошка, сахарной кукурузы и стручковой фасоли. В этом случае можно обойтись быстровозводимыми конструкциями. Цель исследования заключалась в пояснении особенностей выполнения строительной части ВКР студентами вузов пищевого профиля. Для достижения поставленной цели приведено описание современных подходов к строительству перерабатывающих предприятий. Представлены варианты схем производственных зданий для переработки агропищевого сырья. Приведена характеристика бетонных смесей и растворов.

Ключевые слова: проектирование предприятий, ВКР, строительные решения, этажность зданий, бетоны, 3D-печать.

Udodov Sergey Alekseevich

Kuban State Technological University

Shiyan Denis Viktorovich

Kuban State Technological University

Annotation. The efficiency of enterprises for the processing of agro-food raw materials largely depends on the rational design of the production building, which allows organizing the flow of production on technological lines. A variety of approaches to the implementation of the construction part of the final qualification works (WQR) depends on the types of processed raw materials and the range of finished products. For example, there is no need to build a capital building for processing seasonal mono-raw materials: green peas, sweet corn and green beans. In this case, you can get by with prefabricated structures. The purpose of the study was to explain the features of the construction part of the WQR by students of higher educational institutions of the food profile. To achieve this goal, a description of modern approaches to the construction of processing enterprises is given. Variants of schemes of industrial buildings for the processing of agro-food raw materials are presented. The characteristics of concrete mixtures and mortars are given.

Keywords: Enterprise design, WRC, building solutions, number of storeys, concrete, 3D printing

Введение. Российская программа импортозамещения в области выпуска продукции из агропищевого сырья, позволила в сравнительно короткие сроки организовать промышленное производство многокомпонентных пищевых продуктов на мясной, молочной и рыбной основе. Однако сроки введения в строй новых перерабатывающих предприятий во многом зависят от темпов изготовления строительных конструкций, монтажа технологического оборудования и компетенции специалистов.

На кафедре «Технология продуктов питания животного происхождения» накоплен положительный опыт учебного проектирования предприятий пищевого профиля. Значительный вклад в подготовку студентов к проектированию перерабатывающих предприятий внес Тимошенко Николай Васильевич, бывший генеральный директор ЗАО «Тихорецкий мясокомбинат», Герой Труда Кубани, Почетный профессор КубГТУ, д.т.н., профессор. С его участием подготовлен и опубликован ряд учебных пособий по проектированию и строительству мясных, молочных и рыбных предприятий [1–4].

Оригинальный подход к подбору строительных конструкций для быстровозводимых промпредприятий предложил Кочерга Александр Васильевич, бывший директор проектного института Краснодарагроспецпроект, заслуженный строитель РФ, почетный

строитель РФ, заслуженный строитель Кубани, Почетный профессор КубГТУ, доцент ВАК. Он долгие годы вел занятия по проектированию предприятий на кафедрах «Технология мясных и рыбных продуктов» и «Технология продуктов питания животного происхождения». Студенты до настоящего времени пользуются его трудами по проектированию пищевых предприятий [5, 6]. На рисунке 1 показан внешний вид обложек учебных пособий по проектированию предприятий консервной, мясной и рыбной промышленности.

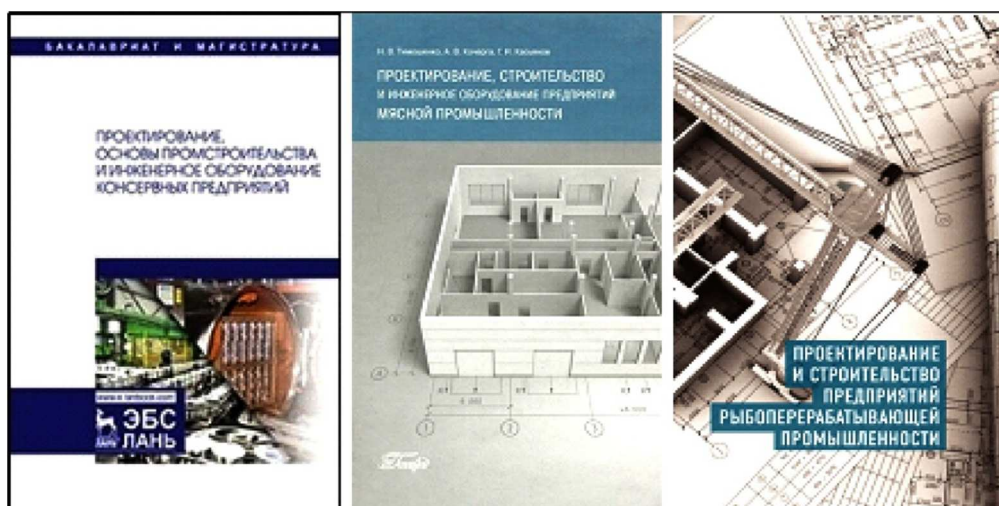


Рисунок 1 – Внешний вид обложек учебных пособий по проектированию предприятий консервной, мясной и рыбной промышленности

Опубликованы учебные пособия по проектированию и строительству заводов по выпуску плодоовощных и мясных консервов [7–9]. Известны источники научнотехнической литературы, с описанием опыта работы концерна BASF по устройству полов на пищевых предприятиях и защите сопряженных несущих конструкций [10], по особенностям монтажа вентиляционных систем [11], проектированию предприятий по выпуску пищевых и биотехнологических предприятий [12], предприятий по переработке мяса и молока [13], по организации пищевых технологий и проектированию предприятий торговли [14].

Совместно со специалистами КубГАУ разработаны материалы по проектированию и строительству винодельческих предприятий [15, 16]. Дагестанские специалисты также занимаются вопросами проектирования и строительства предприятий по переработке агропищевого сырья [17].

На кафедре «Производство строительных конструкций и строительной механики» КубГТУ изучается влияние вяжущих композитов под нагрузкой, для бетонных смесей с различным содержанием воды и цемента. Установлено, что превращение гексагональных гидроалюминатов в кубические происходит быстрее с ростом водоцементного отношения в образцах при сжатии [18]. Преподаватели кафедры стремятся дать студента современные представления по аддитивному производству строительных объектов методом 3D-печати [19]. Использование методов математического планирования эксперимента позволило оптимизировать соотношение реологических, напряженно-деформационных, физических и механических свойств исходных компонентов в обеспечении монолитности «печатных» конструкций.

Варианты схем производственных зданий для переработки агропищевого сырья

После ряда проведенных преобразований в нашей стране широкое применение получили здания одноэтажные и смешанной этажности, что позволяет разместить в них производства малой и средней мощностей. В отдельных случаях, когда в проекты

строительства предприятий закладываются технологии с вертикальной поточностью или при отсутствии земельного участка достаточной площади, отведенного под строительство, используют здания с многоэтажными схемами. Для переработки сезонного моносырья: зеленого горошка, сахарной кукурузы и стручковой фасоли, пригодны быстровозводимые, а не капитальные здания.

В соответствии с нормами технологического проектирования агроперерабатывающие пищевые предприятия рекомендовано размещать в одно или двухэтажном исполнении.

На рисунке 2 представлены некоторые конструктивные схемы одноэтажных зданий, используемых в промышленном строительстве. Здания с неполным каркасом.

При этой схеме, как правило, отсутствуют несущие элементы каркаса здания (колонны) у наружных стен, которые выполняют не только ограждающие, но и несущие функции, воспринимая нагрузки внешних воздействий, покрытий или перекрытий здания. В случае недостатка расчетной толщины стены устраивают местные утолщения (пилястры). Сами стены опираются на ленточные фундаменты. Внутри здания используются обычные колонны (рис. 2, б).

Бескаркасные здания возводят с применением конструктивных схем без колонн, а нагрузки от покрытий и перекрытий воспринимаются наружными и внутренними стенами (рис. 2, в). В бескаркасных, как и в зданиях с неполным каркасом, стены опираются на ленточные фундаменты.

Для построек складского назначения, гаражей технологического автотранспорта, хранилищ оборудования и транспорта сельскохозяйственного назначения могут быть использованы схемы шатрового типа (рис. 2, г).

Каркасные здания могут иметь полный каркас (рис. 2, а) и представляют конструктивную систему, состоящую из колонн, связанных между собой балками, фермами и смонтированными по ним плитами перекрытия или покрытия. В качестве несущих элементов полнокаркасного здания могут быть использованы конструкции из железобетона или металлического профиля.

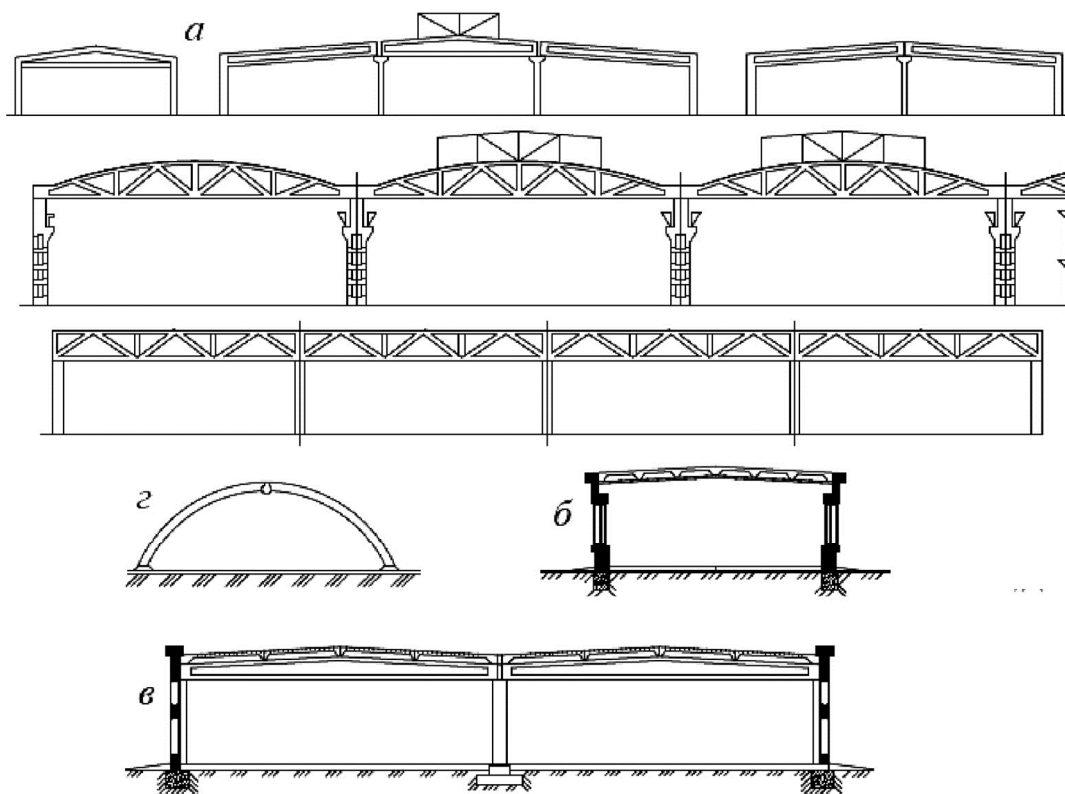


Рисунок 2 – Конструктивные схемы одноэтажных промышленных зданий: а – однопролетного, двухпролетного и трехпролетного с применением двускатных балок, многопролетных с применением ферм со скатной кровлей и с плоской кровлей; б – бескаркасные; в – с неполным каркасом; г – шатровые

На рисунке 3 показан внешний вид двухэтажного промышленного здания.



Рисунок 3 – Внешний вид двухэтажного промышленного здания

В зданиях с полным каркасом ограждающие конструкции (стены) воспринимают и передают на основание нагрузку от собственного веса и атмосферных воздействий (ветра, осадки). В качестве материала могут использоваться штучные изделия (кирпич, блоки), а при каркасах из металла – навесные (различные панели, в том числе и сэндвич-панели).

Складывающееся положение в агропищевой отрасли требует проведение ее модернизации, реконструкции и расширения действующих производств, создания новых производств с передовыми технологиями.

Решить эти задачи прежними методами с использованием строительных конструкций из «тяжелого» бетона и железобетона не представляется возможным.

Для этих целей в мировой практике и в нашей стране все шире находят применение сооружения перерабатывающих производств из облегченных металлических конструкций с использованием панелей металлических, трехслойных с утеплителем из минеральной ваты на базальтовой основе. На рисунке 4 показана панель стеновая трехслойная с минеральной ватой.

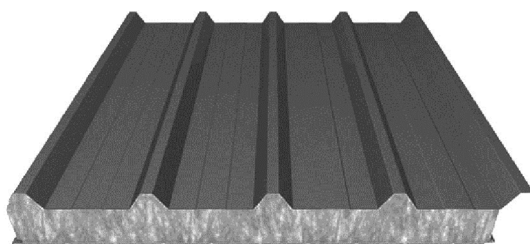


Рисунок 4 – Панель стеновая трехслойная с минеральной ватой

Качество выполняемых строительных работ во много зависит от качества используемых материалов и изделий. Нарушение технологии производства, отсутствие должного контроля, низкое качество применяемого сырья – это основные факторы, приводящие к появлению на рынке материалов и изделий, не соответствующих требованиям стандартов и технических условий.

Строительные материалы и изделия характеризуют такие свойства, как прочность, средняя плотность, морозостойкость, теплопроводность, водостойкость и др.

При осуществлении производства строительного-монтажных работ на объекте нередко приходится готовить непосредственно на месте различные бетонные, штукатурные смеси и др. В этом случае необходимо организовать отбор проб контрольных образцов с последующей передачей их на испытания в аккредитованные строительные лаборатории.

Существуют также и ускоренные методы оценки качества строительных материалов с применением современного стационарного или переносного оборудования.

Используемые строительные материалы подразделяют на природные, добываемые в естественной среде, и искусственные, изготавливаемые в процессе их производства.

Строительные материалы классифицируют также по назначению, области применения и технологическому признаку их изготовления. К особой группе относят теплоизоляционные материалы.

В качестве обязательных составляющих многих строительных материалов используются вяжущие, которые подразделяют на минеральные (неорганические) и синтетические. Минеральные вяжущие – цементы, известь, гипс, магнезиальные вяжущие, жидкое стекло; органические вяжущие – битумы, дегти, казеиновый клей; синтетические вяжущие – все разновидности синтетических смол.

Использование местных строительных материалов значительно повышает экономическую эффективность строительства.

Бетонные смеси и растворы

Бетон представляет собой искусственный каменный материал, состоящий из цемента в качестве вяжущего, песка, щебня (или гравия) в качестве заполнителя и воды, вносимых в определенных пропорциях. Бетонную смесь получают путем тщательного перемешивания перечисленных компонентов. В случае необходимости в отдельных случаях в данную смесь дополнительно вносят различные добавки.

До затвердения такая смесь находится в пластичном состоянии, что позволяет транспортировать ее к местам использования (укладки) и формовать из нее бетонные изделия и конструкции требуемой конфигурации. По своему физическому состоянию бетонная смесь занимает промежуточное положение между упругостью и прочностью структуры. После преодоления прочности структуры бетонная смесь обретает свойства вязкой жидкости, что используется при транспортировке бетона, его укладке и уплотнении.

Для изготовления отдельных изделий и конструкций требуются жесткие и подвижные бетонные смеси, а влияние на состояние этих смесей оказывает ее удобоукладываемость – способность заполнять форму при утрамбовывании с образовыванием плотной, однородной массы. Оценивается удобоукладываемость по трем показателям – подвижности, жесткости и связности смеси. Удобоукладываемость позволяет различать жесткие подвижные бетонные смеси.

Внешние механические усилия, в том числе сила тяжести, давление, создаваемое в бетононасосе во время подачи бетонной смеси к месту укладки, вибрационное воздействие для уплотнения смеси при формировании изделий или конструкций нарушает взаимодействие между составляющими бетонной смеси и ведет к уменьшению ее структурной прочности. Бетонная смесь, таким образом, разжижается и приобретает способность перемещаться по трубопроводам, лоткам и заполнять опалубку изготавливаемых конструкций под действием силы тяжести. Явление разжижения бетонной смеси обратимо, и после прекращения механического воздействия прочность структуры смеси восстанавливается и вновь возрастает.

Приведенные сведения об изменении структурного состояния бетонной смеси позволяют использовать это свойство при перекачивании ее бетононасосами, при виброуплотнении бетона для формирования изделий или конструкций способом распалубки.

Используемые в строительстве бетоны характеризуются также средней плотностью и прочностью.

Бетоны по плотности делят на тяжелые – с ρ_{cp} от 2000 до 2500 кг/м³, облегченные – с ρ_{cp} от 1500 до 2000 кг/м³, легкие – с ρ_{cp} менее 1500 кг/м³. Тяжелые и облегченные бетоны обычно используют для изготовления конструкций. Та или иная средняя плотность в бетонах достигается за счет использования различных видов крупных заполнителей.

Для определения прочности (марки) бетона используют образцы – кубы с ребрами 7, 10, 20 и 30 см. Марка бетона равнозначна прочности на сжатие в МПа, умноженной на 10. В соответствии со сводом правил СП 63.13330.2012 «Бетонные и желе-

зобетонные конструкции. Основные положения» изготавливаются следующие марки бетонов: 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700 и 800. Прочность бетонов зависит, в основном, от марки цемента R_c , его количества и воды в нем. Немаловажны и условия твердения бетонной смеси.

Строительные растворы подразделяются на обыкновенные и легкие. Растворы состоят из вяжущего мелкого заполнителя и воды. По используемому в растворе вяжущему они делятся на цементные, известковые, гипсовые и смешанные, а в области применения подразделяются на кладочные, отделочные и специальные.

Основными свойствами растворной смеси являются пластичность и однородность.

Пластичность способствует хорошей укладке на поверхность кирпича, бетона или оштукатуриваемую поверхность. В отличие от жестких, при нанесении пластичных растворов на поверхности не образуются разрывы или как их называют трещины. Признаком хорошего качества раствора будет являться отсутствие сползания раствора.

Основное свойство затвердевших растворов определяется его маркой (прочностью), а также силой сцепления с основой конструктива. Нормативной базой установлены следующие марки растворов: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 и 300 кг/см². Растворы марок 4, 10 и 25 изготавливают, используя в качестве вяжущего известь или другие местные материалы марок 25, 50 и 75 – на смешанных вяжущих (цемент + известь), а марок 100 и выше – с использованием портландцемента в составе смеси.

Марку прочности растворов определяют на образцах в виде кубиков размерами 7,07×7,07×7,07 см. Также допустимо производить испытание балочек размером 4×4×16 см.

Растворы классифицируют и по морозостойкости (МРЗ) – их подразделяют на следующие классы: 10, 15, 25, 35, 50, 100, 150, 200 и 300.

Следует отметить, что традиционные технологии строительства во многом устарели, требуют серьезных капиталовложений и затрат времени на строительство. В современных реалиях, когда бизнесу нужно построить и начать эксплуатацию нового здания в кратчайшие сроки с минимальными издержками.

Приступая к проектированию строительства или реконструкции перерабатывающего предприятия необходимо оценить и обосновать целесообразность проекта, сформировать эскизный план производства продукции, сформулировать требования на проектирование, собрать комплект исходно-разрешительных документов, выполнить диагностику существующей инфраструктуры, разработать эксплуатационную документацию.

После выполнения пуско-наладочных работ сформировать требования к техническому обслуживанию технологических линий.

Особое внимание следует уделить экологической безопасности объекта строительства, системам инженерной инфраструктуры: электроснабжения, газоснабжения, водоснабжения, теплоснабжения, системам вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения.

При проектировании нового объекта или реконструкции действующего предприятия необходимо соблюдать последовательные, поэтапные процессы выполнения запланированных мероприятий, позволяющих достигать высоких качественных и количественных результатов в процессе переработки агропищевого сырья.

Литература

1. Тимошенко Н.В., Кочерга А.В., Касьянов Г.И. Проектирование, строительство и инженерное оборудование предприятий мясной промышленности. – СПб. : Издательство ГИОРД, 2011. – 512 с.
2. Проектирование и строительство предприятий рыбоперерабатывающей промышленности : учеб. пособие / Н.В. Тимошенко [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2017. – 296 с.
3. Проектирование, строительство и инженерное оборудование предприятий молочной промышленности / Н.В. Тимошенко [и др.]. – СПб. : Издательство Лань, 2015. – 416 с.
4. Проектирование, основы промстроительства и инженерное оборудование консервных предприятий (мясные консервы). Учебник / Н.В. Тимошенко [и др.]. – СПб. : Издательство Лань, 2018. – 140 с.

5. Кочерга А.В. Проектирование и строительство малых предприятий, перерабатывающих сырье животного происхождения // В сборнике: Современные проблемы качества и безопасности продуктов питания в свете требований технического регламента таможенного союза. Сборник материалов международной научно практической интернет-конференции. – 2014. – С. 203–204.
6. Кочерга А.В., Студенцова Н.А., Касьянов Г.И. Проектирование и строительство предприятий рыбоперерабатывающей промышленности. Учебное пособие. – Краснодар : Экоинвест, 2014. – 296 с.
7. Проектирование, строительство и инженерное оборудование консервных предприятий: 2-е изд., перераб. и доп. / Г.И. Касьянов [и др.]. – М. : Издательство Юрайт, 2021. – 193 с.
8. Проектирование, строительство и инженерное оборудование консервных предприятий (плодоовощные, фруктовые и ягодные консервы). Учебник / Г.И. Касьянов [и др.]. – Краснодар : Издательство Дом – Юг, 2020. – 212 с.
9. Проектирование и основы прмостроительства предприятий по переработке сырья животного происхождения / Г.И. Касьянов [и др.]. – Краснодар : Экоинвест, 2014. – 210 с.
10. Максимовский А. Тренды в проектировании и строительстве пищевых производств // Мясные технологии. – 2016. – № 10 (166). – С. 60–61.
11. Щербак М.С. Особенности проектирования систем вентиляции предприятий пищевой промышленности (цехов) // Вестник магистратуры. – 2019. – № 2–2 (89). – С. 40–41.
12. Евстигнеева Т.Н., Надточий Л.А. Проектирование предприятий пищевой и биотехнологической отраслей. Учебно-методическое пособие. – СПб. : Издательство Университет ИТМО, 2013. – 32 с.
13. Основы проектирования предприятий молочной и мясо-перерабатывающей отраслей пищевой промышленности / А.А. Нестеренко [и др.]. – Алматы : Издательство ТехноЭрудит, 2021. – 148 с.
14. Дашков Л.П., Памбухчиянц В.К., Памбухчиянц О.В. Организация, технология и проектирование предприятий (в торговле): учебник для бакалавров, 13-е издание. – М. : Дашков и К°, 2019. – 456 с.
15. Христюк В.Т., Касьянов Г.И., Ольховатов Е.А. Научный подход к проектированию, строительству и функционированию винодельческих предприятий // В сборнике: Научные исследования как основа инновационного развития общества. Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 156–159.
16. Проектирование и строительство винодельческих предприятий с основами планирования и технологии отрасли. Учебник. 2-е изд., пер. и доп. – Сер. 76 Высшее образование / Г.И. Касьянов [и др.] / Ответственный редактор Ольховатов Е.А. – М. : Издательство Юрайт, 2021. – 445 с.
17. Яралиева З.А., Гасанов Р.Г., Гасанов Ш.Г. Проектирование и строительство предприятий, перерабатывающих агропищевое сырье // Modern Science. – 2021. – № 10–2. – С. 423–430.
18. Galkin Y.Y., Udodov S.A. X-RAY Phase analysis of high-aluminate cements under conditions of early compression // Solid State Phenomena. – 2018. – Vol. 284. – P. 1107–1113.
19. Udodov S., Galkin Y., Belov P. Mechanical and physical properties of fine-grained concrete for concrete additive manufacturing // In the collection : E3S Web of Conferences. 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018. – 2019. – P. 02041.

References

1. Timoshenko N.V., Kocherga A.V., Kasyanov G.I. Design, construction and engineering equipment for meat industry enterprises. – SPb. : GIORP Publishing House, 2011. – 512 p.
2. Design and construction of enterprises of the fish processing industry: textbook. allowance / N.V. Timoshenko [et al.]. – SPb. : GIORP, 2017. – 296 p.
3. Design, construction and engineering equipment of dairy industry enterprises / N.V. Timoshenko [et al.]. – SPb. : Lan Publishing House, 2015. – 416 p.
4. Design, basics of industrial construction and engineering equipment of canning enterprises (canned meat). Textbook / N.V. Timoshenko [et al.]. – SPb. : Lan Publishing House, 2018. – 140 p.
5. Kocherga A.V. Design and construction of small enterprises processing raw materials of animal origin // In the collection: Modern problems of quality and food safety in the light of the requirements of the technical regulations of the customs union. Collection of materials of the international scientific and practical Internet conference. – 2014. – P. 203–204.
6. Kocherga A.V., Studentsova N.A., Kasyanov G.I. Design and construction of enterprises of the fish processing industry. Tutorial. – Krasnodar : Ecoinvest, 2014. – 296 p.

7. Design, construction and engineering equipment of canning enterprises: 2nd ed., revised. and additional / G.I. Kasyanov [et al.]. – M. : Yurait Publishing House, 2021. – 193 p.
8. Design, construction and engineering equipment of canning enterprises (fruit and vegetable, fruit and berry canned food). Textbook / G.I. Kasyanov [et al.]. – Krasnodar : Publishing House Dom – Yug, 2020. – 212 p.
9. Design and basics of industrial construction of enterprises for the processing of raw materials of animal origin / G.I. Kasyanov [et al.]. – Krasnodar : Ecoinvest, 2014. – 210 p.
10. Maksimovsky A. Trends in the design and construction of food production // Meat technologies. – 2016. – № 10 (166). – P. 60–61.
11. Shcherbak M.S. Features of designing ventilation systems for food industry enterprises (shops) // Bulletin of the Magistracy. – 2019. – № 2–2 (89). – P. 40–41.
12. Evstigneeva T.N., Nadochiy L.A. Designing of food and bio-technological enterprises. Teaching aid. – SPb. : ITMO University Publishing House, 2013. – 32 p.
13. Fundamentals of designing enterprises of the dairy and meat processing industries of the food industry / A.A. Nesterenko [et al.]. – Almaty : TekhnoErudit Publishing House, 2021. – 148 p.
14. Dashkov L.P., Pambukhchiyants V.K., Pambukhchiyants O.V. Organization, technology and design of enterprises (in trade): a textbook for bachelors, 13th edition. – M. : Dashkov i K°, 2019. – 456 p.
15. Khristyuk V.T., Kasyanov G.I., Olkhovaton E.A. Scientific approach to the design, construction and operation of wine-making enterprises // In the collection: Science-intensive research as a basis for the innovative development of society. Collection of articles following the results of the International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 156–159.
16. Design and construction of wineries with the basics of planning and technology of the industry. Textbook. 2nd ed., trans. and additional – Ser. 76 Higher education / G.I. Kasyanov [et al.] / Managing editor Olkhovaton E.A. – M. : Yurayt Publishing House, 2021. – 445 p.
17. Yaraliev Z.A., Gasanov R.G., Gasanov Sh.G. Design and construction of enterprises processing agro-food raw materials // Modern Science. – 2021. – № 10–2. – P. 423–430.
18. Galkin Y.Y., Udodov S.A. X-RAY Phase analysis of high-aluminate cements under conditions of early compression // Solid State Phenomena. – 2018. – Vol. 284. – P. 1107–1113.
19. Udodov S., Galkin Y., Belov P. Mechanical and physical properties of fine-grained concrete for concrete additive manufacturing // In the collection : E3S Web of Conferences. 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018. – 2019. – P. 02041.

УДК 69.059.73

**УСТРОЙСТВО И МОНТАЖ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ
С ПОДСИСТЕМОЙ ИЗ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ**



**DEVICE AND INSTALLATION OF HINGED VENTILATED FACADES
WITH A SUBSYSTEM OF GALVANIZED STEEL DURING
THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS**

Харольцев Павел Сергеевич

студент

Кубанский государственный технологический университет
ladmoz@mail.ru

Лихачёва Наталия Евгеньевна

студент

Кубанский государственный технологический университет
likhacheva-nataliya_0@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены, комплектующие элементы систем НФС, порядок, контроль качества навесного вентилируемого фасада, требования к его монтажу при реконструкции зданий.

Ключевые слова: вентилируемый фасад, монтаж, подсистема.

Kharoltsev Pavel Sergeevich

Student,

Kuban State Technological University
ladmoz@mail.ru

Likhacheva Nataliya Evgenievna

Student,

Kuban State Technological University
likhacheva-nataliya_0@mail.ru

Annotation. The article discusses the components of HFS systems, the procedure, quality control of a hinged ventilated facade, the requirements for its installation during the reconstruction of buildings.

Keywords: ventilated facade, installation, subsystem.

В наше время существует большая вариативность отделки фасадов при реконструкции зданий. Все их виды можно поделить на теплоизоляционные и защитно-декоративные.

– Теплоизоляционные. Эти системы, устроены на базе утеплителя, они предназначены минимизировать теплопотери и повысить энергоэффективность и привлекательность здания.

– Защитно-декоративные, в свою очередь, это системы однослойные или же многослойные, созданные для защиты ограждающих конструкций от внешних агрессивных факторов окружающей среды.

И теплоизоляционные, и защитно-декоративные подразделяют на мокрые и навесные. О вторых и пойдёт речь.

Навесные фасадные системы представляют собой системы вертикальных профилей и кронштейнов, выполненных из оцинкованной стали с покрытием 1 класса по ГОСТ 14918-80 с последующей двухсторонней окраской порошковыми эмалями горячего отверждения толщиной не менее 45 мкм или из коррозионностойкой стали по ГОСТ 5632-72.

Благодаря конструктивному разделению функций защиты от воздействия окружающей среды и теплоизоляции, вентилируемые фасады с воздушным зазором можно отнести к наиболее надежным с точки зрения строительной техники технологиям с длительным сроком эксплуатации.

Кроме того, на сегодняшний день существует множество разнотипных материалов и строительных элементов, предоставляющих возможность создавать оригинальные оформительские решения, что еще более повышает значение системы навесных вентилируемых фасадов с воздушным зазором в современном строительстве. Именно им отведена наибольшая часть рынка конструкций, используемых для проведения, в том числе, и теплотехнической санации реконструированных зданий [6].

Материалы, входящие в состав НФС:

- несущие кронштейны;
- удлинители кронштейнов;

- паронитовые (теплоизолирующие) прокладки для кронштейнов;
- усиливающие шайбы для кронштейнов;
- несущие направляющие профили;
- несущие вертикальные направляющие профили;
- рядовые, рядовые угловые, стартовые, стартовые угловые клеммеры;
- оконные кронштейны;
- угловые полки;
- тонколистовая оцинкованная или коррозионностойкая сталь;
- утеплитель;
- ветровлагозащитные паропроницаемые мембраны;
- фасадные анкера и дюбели;
- дюбели для теплоизоляции тарельчатого типа;
- вытяжные заклепки;
- самонарезающие винты.

Производство всех работ по монтажу навесной фасадной системы должно обеспечивать эффективное и рациональное использование материально-технических ресурсов, рабочего времени и учитывать квалификацию рабочих.

Работы по монтажу должны производиться звеньями по 2–4 человека и выполняться в соответствии с технологическими картами производителей конкретных монтируемых систем вентилируемого фасада.

Работы по монтажу начинаются после окончания всех общестроительных работ на объекте, установки оконных и дверных блоков, а также коммуникаций, которые проходят под облицовочной конструкцией.

Работы не могут выполняться:

- при отсутствии кровли и ограждений, которые защищают от атмосферных осадков;
- во время дождя, при густом тумане, а также при ветре скорость, которого превышает 12 м/с.

Перед началом производства на объекте должны быть проведены следующие мероприятия:

- организовано место, где будет осуществлено складирование материалов;
- подготовлены необходимые механизмы, инструменты, инвентарь и средства индивидуальной защиты;
- проверено состояние наружных стен;
- проверены подводы электроэнергии к рабочим местам;
- смонтированы и освидетельствованы строительные леса и строительные люльки.

Монтаж выполняется в соответствии с рабочим проектом с соблюдением требований по обеспечению техники безопасности и охране труда.

Последовательность монтажа:

- разметка несущего основания. Осуществляется при помощи лазерного построителя, уровня и рулетки. Размечаю проектное положение кронштейнов и оси центра прогонов;

– бурение отверстий. Отверстия сверлят для анкеров, которые закручиваются при помощи гайковёрта в тело несущего элемента;

– монтаж кронштейнов. После того как отверстия пробурены, кронштейн, с продетым в специальное отверстие на нём дюбелем и анкером, закручивают при помощи гайковёрта. Между кронштейном и несущим основанием устанавливается паронитовая (теплоизолирующая) прокладка для предотвращения контакта между материалами кронштейна и стены.

– монтаж утеплителя. Плиты утеплителя монтируют с перевязкой швов, зазоры между Плитами не должны превышать 2 мм. При появлении таких зазоров, они заполняются тем же материалом. Режут плиты при помощи специальных ножей по вате. При установке утеплителя в 1 слой на 1 плиту устанавливают не менее 5 тарельчатых дюбелей.

– монтаж ветровлагозащитной паропроницаемой мембраны. Ветровлагозащитную паропроницаемую мембрану устанавливают в натяжении крепится она тарельчатыми дюбелями, не менее 4 штук на 1 м²;

– монтаж вертикальных направляющих профилей. Направляющие профиля (прогоны) крепятся к удлинителям кронштейнов с определённым шагом. Шаг кронштейнов принимается исходя из расчётов на статику. Крепится прогон к удлинителю кронштейна при помощи вытяжных заклёпок, не менее двух на узел.

– монтаж межэтажных противопожарных отсеков. Пожарная отсечка в случае возникновения пожара в здании препятствует проникновению пламени к мембране, выполняется отсечка из тонколистового металла;

– обрамление оконных и дверных проёмов из тонколистовой оцинкованной стали. Устанавливаются откосы и водоотливы, монтируются после выравнивания вертикальных и горизонтальных прогонов.

– монтаж облицовочных плит или металлокассет. Облицовочная керамогранитная плита крепится при помощи кляммеров, металлокассета фиксируется кровельными саморезами с нахлёстом друг на друга по ширине руста в тело прогона.

– монтаж парапетной крышки из тонколистовой стали. Чтобы произвести облицовку парапета необходимо установить каркас из кронштейнов и горизонтальных профилей. Каркас соединяется вытяжными заклёпками. На каркас монтируется парапетная крышка, швы герметизируют.

В данной статье были подробно рассмотрены поэтапный монтаж навесного вентилируемого фасада и его устройство. НФС имеет много достоинств одно из них это стандартизация и типизация монтажа, при изменении облицовочного материала, основной принцип монтажа не меняется, а вариантов отделки очень много. Это керамогранит, натуральный камень, композит, фиброцемент, линейная панель, перфорированные и металлические кассеты и ещё множество других. Такой огромный выбор помогает создать неповторимые узоры на здании, выделить его на фоне окружающих, воплотить любое дизайнерское решение, соответствовать любым эстетическим требованиям, при этом оставаясь теплоэффективным, простым в реализации и удовлетворяющим всем нормативным требованиям при строительстве и реконструкции зданий.

Литература

1. Энергоэффективные ограждающие конструкции в малоэтажном домостроении: учебник / А.А. Сморгков [и др.] // Проектирование и строительство сборник тезисов докладов II региональной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и бакалавров. – 2016.
2. Типовая технологическая карта Альт-Фасад-01 вертикальная СО.
3. Леонова А.Н., Сорокина Е.Н. Конструктивное преимущество и эффективная функциональность энергосберегающих фасадов при реконструкции зданий // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2018. – № 9. – С. 206–215.
4. Леонова А.Н., Курочка М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий при реконструкции // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – № 7 (118). – С. 805–813.
5. Леонова А.Н. Достоинства и недостатки применения навесных вентилируемых фасадных систем при реконструкции зданий в курортных регионах // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы 7-й международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 68–71.
6. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Значение теплопереноса как свойство строительных конструкций в зданиях и сооружениях // Перспективы науки. – 2016. – № 9 (84). – С. 39–43.
7. Калкан С.Н., Леонова А.Н. Особенности современных подходов при реконструкции фасадов жилых зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 314–316.
8. Леонова А.Н., Акопьян К.А., Федотова Е.А. Особенности расчёта конструкций с использованием лёгких стальных тонкостенных конструкций на основе Еврокода EN 1993-1-3 и EN 1993-1-5 // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 8 (59). – С. 43.

References

1. Energy-efficient enclosing structures in low-rise housing construction: textbook / A.A. Smorchkov [et al.] // Design and construction collection of abstracts of reports of the II regional scientific and practical conference of young scientists, graduate students, undergraduates and bachelors. – 2016.

2. Typical flow sheet Alt-Facade-01 vertical CO.
3. Leonova A.N., Sorokina E.N. Constructive advantage and effective functionality of energy-saving facades in the reconstruction of buildings // Electronic network polythematic journal «Scientific Works of KubGTU». – 2018. – № 9. – P. 206–215.
4. Leonova A.N., Kurochka M.V. Methods for improving the energy efficiency of buildings during reconstruction // Vestnik MGSU. – 2018. – Vol. 13. – № 7 (118). – P. 805–813.
5. Leonova A.N. Advantages and disadvantages of using hinged ventilated facade systems in the reconstruction of buildings in resort regions // In the collection: Construction in coastal resort regions. Materials of the 7th international scientific-practical conference. – 2012. – P. 68–71.
6. Karpanina E.N., Leonova A.N. The value of heat transfer as a property of building structures in buildings and structures // Prospects of science. – 2016. – № 9 (84). – P. 39–43.
7. Kalkan S.N., Leonova A.N. Features of modern approaches in the reconstruction of facades of residential buildings // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 1. – P. 314–316.
8. Leonova A.N., Akopyan K.A., Fedotova E.A. Features of structural analysis using light steel thin-walled structures based on Eurocode EN 1993-1-3 and EN 1993-1-5 // Engineering Gazette of the Don. – 2019. – № 8 (59). – P. 43.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ



SCIENCES ABOUT THE EARTH

УДК 622.279.23

**ПРОМЫСЛОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАСТОВ
И СКВАЖИН АЛИНСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**



**FIELD STUDIES OF FORMATIONS AND WELLS
OF THE ALINSKY OIL AND GAS FIELD**

Калищук Юрий Александрович

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
yura-vip@list.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук, доцент
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Нечаев Сергей Романович

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
annoonelove@mail.ru

Косова Дарья Анатольевна

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики
Кубанский государственный технологический университет
darakosova48@mail.ru

Сафоненко Григорий Евгеньевич

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
grisha.safonenko2012@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные методы исследования залежей и скважин с целью их углублённого изучения. А так же характеристика одного из самых крупных нефтегазовых месторождений.

Ключевые слова: исследования залежей и скважин, таланское месторождение, дебит скважины, порода-коллекторы, метод пробных точек, уровень жидкости в стволе, газонефтяное месторождение.

Kalishchuk Yuri Alexandrovich

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
yura-vip@list.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Oil
and Gas Field Equipment,
Kuban State Technological University
akngs@mail.ru

Nechaev Sergey Romanovich

Student of the Direction of Preparation
21.03.01 «Oil and Gas Business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State University of Technology
annoonelove@mail.ru

Kosova Daria Anatolievna

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
darakosova48@mail.ru

Safonenko Grigory Evgenievich

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
grisha.safonenko2012@yandex.ru

Annotation. This article discusses the main methods of studying deposits and wells for the purpose of their in-depth study. As well as the characteristics of one of the largest oil and gas fields.

Keywords: studies of deposits and wells, talakan field, well flow rate, reservoir rock, test point method, fluid level in the trunk, gas and oil field.

Основная цель исследования залежей и скважин – получение информации о них для подсчета запасов нефти и газа, проектирования, анализа, регулирования разработки залежей и эксплуатации скважин.

Косвенные методы исследования по физическому явлению, которое лежит в их основе, подразделяют на:

- промыслово-геофизические,
- дебито- и расходомерические,
- термодинамические
- гидродинамические.

При промыслово-геофизических исследованиях с помощью приборов, спускаемых в скважину посредством глубинной лебедки на электрическом (каротажном) кабеле, изучаются:

- электрические свойства пород (электрокаротаж),
- радиоактивные (радиоактивный каротаж – гамма-каротаж, гамма-гамма-каротаж, нейтронные каротаж),
- акустические (акустический каротаж),
- механические (кавернометрия) и т.п.

Для подсчета запасов нефти и газа, составления проектов разработки объектов, установления технологических режимов работы скважин и пластов и решения вопросов оперативного регулирования необходим следующий комплекс сведений.

1. Горногеометрическая характеристика пласта и залежи, глубина залегания, площадь распространения, положение непроницаемых границ и включений и их протяженность, начальное положение контуров нефтеносности, степень и характер расчленения пласта по разрезу, эффективная мощность пласта h и характер ее изменения по площади и т.д.

1. Гидродинамические и коллекторские свойства пласта, пористость t , проницаемость k , пьезопроводность χ , гидропроводность ϵ , продуктивность K , нефтенасыщенность σ_n , и газонасыщенность σ_g начальное и текущее давления и т.п.

2. Физико-химические характеристики пластовых жидкостей и газов, вязкость μ , плотность ρ , давление насыщения и другие, а также зависимости их от давления, температуры и газонасыщенности.

Процессы фильтрации жидкостей и газов в реальных пластах из-за значительной изменчивости их гидродинамических свойств чрезвычайно сложны. Поэтому для изучения и управления процессами добычи необходима информация не только о начальном состоянии залежи, но и о закономерностях изменения указанных параметров при разработке месторождения.

Одной из главных задач гидродинамических исследований на стадии промышленной разведки является выявление общей картины неоднородностей пласта по площади.

На стадиях пробной эксплуатации и промышленной разработки месторождения задачами гидродинамических исследований являются.

- 1) уточнение данных о гидродинамических свойствах разрабатываемого объекта, необходимых для дальнейшего проектирования;
- 2) получение информации о динамике процесса разработки, необходимой для его регулирования;
- 3) определение технологической эффективности мероприятий, направленных на интенсификацию добычи нефти (обработка призабойных зон скважин, гидроразрыв и т.д.).

В связи с тем, что все жидкости и те пласты горных пород, в которых они находятся, имеют разнообразную упругость, соответственно, давление забойное не всегда будет одинаковым. Это и лежит в основе данного метода изучения поведения жидкости в скважине с течением времени. На самом деле существует несколько основных разновидностей методов исследования скважин при неустановившихся режимах работы. О них стоит поговорить более подробно.

Самым примитивным методом, который относится к данной группе исследований, является метод пробных точек. Здесь все достаточно просто. Специалисты берут замеры забойного давления в различных точках изучаемого пласта. На основании этих данных уже строится диаграмма, которая показывает зависимость забойного давления от месторасположения той или иной точки. Причем измерения проводятся в одной и той же точке по несколько раз. Это и делает картину более наглядной. Именно для этого и нужен данный метод исследования.

Экспресс-метод тоже относится к данной группе исследований. Он становится все более актуальным с каждым днем, так как дает детальное представление о поведении жидкости в той или иной среде в кратчайший срок. Здесь не требуется использование достаточно дорогого оборудования, поэтому его используют даже при исследовании месторождений обыкновенной воды.

Алинское нефтегазовое месторождение находится в Ленском районе Республики Саха (Якутия), в Восточной Сибири Российской Федерации. Оно расположено на Пеледуйском участке, который прилегает к Таланскому месторождению. Кроме того, оно разместилось на северо-восточном склоне Верхнечонского куполовидного поднятия. Рядом с Алинским газонефтяным месторождением открыты еще несколько других месторождений – Верхнечонское, Тымпучиканское, Чаяндинское, Даниловское, Вакунайское и Талаканское. Последнее месторождение является одним из важных в данной группе.

Каждый год на Алинском газонефтяном месторождении осуществляется добыча 10 тысяч тонн нефти. Общие же запасы на данном месторождении оцениваются в 30 миллионов тонн. Запасы месторождения по категории С1 + С2 составляют 5,2 миллиона тонн нефти, 2,4 триллиона кубометров газа. Алинское газонефтяное месторождение было открыто в 1991 году, и введено в промышленную эксплуатацию в 2009 году. Здесь обустроены четыре скважины, с которых нефть будет доставляться до Талаканского месторождения, а потом уже транспортироваться в ВСТО. Лицензия на Алинское газонефтяное месторождение предоставлена «Сургутнефтегазу» после проведения аукциона на разработку месторождения в 2005 году. Все работы на данном месторождении осуществляет компания ОАО «Сургутнефтегаз». ОАО «Сургутнефтегаз» является одной из самых крупных нефтяных компаний в России. Алинское месторождение – это серьезное подспорье для Талаканского месторождения, которое является основным и планируется в качестве источника заполнения проектируемого газопровода «Сила Сибири».

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. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
3. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
4. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН-Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячеключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010: Сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября–02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.
5. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
6. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
7. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.
8. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
9. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
10. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.

References

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific foundations and practice of oil and gas well development. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.

2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Lik Publishing House, 2018. – 292 p.
3. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Ed. FGBOU VO «KubSTU», 2019. – 275 p.
4. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of control of ASPO at the fields of LLC «RN-Krasnodarneftegaz» on the example of Uspensky and Gorya-Cheklyuchevsky sites // Construction and repair of wells – 2010: Collection of reports of the International scientific-practical conference (September 27–October 2, 2010, Gelendzhik , Krasnodar Territory) / LLC Research and Production Company «Nitpo». – Krasnodar : LLC «Research and Production Company «Nitpo», 2010. – P. 147–150.
5. Gutsu A.S., Shiyan S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of the Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 156–166.
6. Shiyan S.I., Omelchenko N.N. Variants of reengineering in the re-construction of production facilities of the system of collection, transportation and preparation of oil, gas and water of the Ivanovo field // Oil Engineer. – 2020. – № 3. – P. 34–42.
7. Technique and technology of restoration of productivity of a well № 1273 of the Urengoy sky field by cutting of a lateral trunk / E.A. Kholopov [et al.] // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.
8. Shiyan S.I., Skiba A.S. Technology of regulation of the reservoir pressure maintenance system at the Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
9. Shiyan S.I., Muntyan V.S. Prospects for the development of the Severo-Tarasovsky oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
10. Shiyan S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of side shafts at the Krasnovsky gas-oil field // Science and technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

УДК 622.279.23

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ КРИВЫХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ



TECHNOLOGICAL, THEORETICAL FOUNDATIONS FOR PROCESSING PRESSURE RECOVERY CURVES

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук, доцент
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Крылов Кирилл Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
kirillk-2000@mail.ru

Сабайдаш Максим Леонидович

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
msabaydash@list.ru

Корсак Максим Витальевич

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
therealmarkricks@bk.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены технологические, теоретические основы обработки кривых восстановления давления. Итог данного исследования метод исследования применим не только для тех скважин, где жидкость находится на забое, но и для тех скважин, которые полностью заполнены жидкостью.

Ключевые слова: восстановление давления, обработки кривых, теоретические основы, технологические основы.

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
of Oil and Gas Field Equipment,
Kuban State Technological University
akngs@mail.ru

Krylov Kirill Alekseevich

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
kirillk-2000@mail.ru

Sabaidash Maxim Leonidovich

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
msabaydash@list.ru

Korsak Maxim Vitalievich

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
therealmarkricks@bk.ru

Annotation. This article discusses the technological, theoretical foundations for processing pressure recovery curves. The result of this study, the study method is applicable not only for those wells where the liquid is at the bottom, but also for those wells that are completely filled with liquid.

Keywords: pressure recovery, curve processing, theoretical foundations, technological foundations.

Для того чтобы получить качественные правильные кривые восстановления давления, чаще всего бывает достаточно просто перекрыть устье нагнетательной скважины с помощью задвижки. Здесь все достаточно просто. Перед тем как перекрыть поток жидкости с помощью задвижки, необходимо произвести замеры давления. После того как вода перекрыта, можно приступить к измерению давления еще раз.

В результате получается некое аналитическое значение. Из него необходимо вычесть то показание, которое было при установившемся режиме работы, то есть когда поток жидкости не был перекрыт. В результате получается разность двух показаний. Данное число и будет основой для построения кривых восстановления давления. Однако зачастую одного показания мало, поэтому используется целый комплекс измерений, а затем только строится усредненная кривая восстановления давления. Она будет иметь более важное значение. При этом, чем больше будет измерений, тем более правдоподобные данные получатся в результате. Итак, для нагнетательной скважины кривая восстановления строится именно таким образом.

В тех случаях, когда необходимо проследить по шагам, как будет изменяться давление столба жидкости, нужно воспользоваться одним очень хитрым методом. Он заключается в том, что задвижка не сразу перекрывается полностью, а закрывается постепенно. Можно получить ряд значений, которые будут демонстрировать поведение столба жидкости при разных параметрах положения вентиля задвижки. На основе этих данных и строятся кривые восстановления давления в системе. Это еще более наглядный метод, чем тот, который был описан выше.

Рассмотрим более подробно методики обработки результатов ГДИ на примере газовых скважин.

Обработка кривой восстановления давления проводится в следующей последовательности:

1. Вычисление производной от изменения забойного давления (депрессии) $dp(t) = p_2(t) - p_2(0)$ по натуральному логарифму времени:

$$D = \frac{d[dp(t)]}{d[\ln t]}, \quad (1)$$

где $p(t)$ – забойное давление зарегистрированное после остановки скважины, ат;
 $p(0)$ – забойное давление в скважине до ее остановки, ат;
 t – время восстановления забойного давления с момента остановки скважины, сек.

Построение графика кривой восстановления давления в логарифмических координатах $\log(dp) - \log(t)$; и ее производной в логарифмических координатах $\log(D) - \log(t)$.

Определение участка постоянной производной на диагностическом графике, который показывает наступление радиальной фильтрации флюида при нестационарном изменении давления в скважине.

По участку постоянной производной впоследствии определяют параметры пласта и скважины.

2. Обработка кривой восстановления давления по схеме бесконечного пласта методом Миллера, Дайеса, Хетчинсона (MDH) – метод касательной.

Известно, кривая восстановления давления в газовой скважине, вскрывшей однородный бесконечный пласт при мгновенном изменении дебита, при достаточно большом периоде работы скважины до остановки по сравнению с периодом исследования (при $T \gg t$), за исключением самых начальных участков, описывается формулой (MDH)

$$\Delta p = \frac{Q\mu}{2\pi kh} \frac{T_{пл} * z_{пл} * p_{ат}}{T_{ст}} \ln \frac{2,25\chi}{r_{снп}^2} + vQ^2 + \frac{Q\mu}{2\pi kh} \frac{T_{пл} * z_{пл} * p_{ат}}{T_{ст}} \ln t, \quad (2)$$

$$\Delta p = p_c(t)^2 - p_{со}^2, \quad (3)$$

где $p_{со}$ – установившееся забойное давление до остановки скважины, ат; $p_c(t)$ – изменение забойного давления после остановки скважины, ат; Q – дебит скважины до остановки ($\text{см}^3/\text{сек}$); t – время, сек; $T_{пл}$ – пластовая температура, °K; $T_{ст} = 293$ °K; $z_{пл}$ – коэффициент сверхсжимаемости газа при пластовых условиях; k, h, μ – соответственно, проницаемость (дарси), мощность (см) пласта, вязкость пластового флюида (сПз); χ – пьезопроводность пласта, $\text{см}^2/\text{сек}$; r_c – радиус совершенной скважины по долоту; «b» – коэффициент двучленной формулы определяется по индикаторной диаграмме.

Перестраивая кривую восстановления давления в координатах $\Delta p, \ln(t)$, по асимптоте определяют параметры: гидропроводность kh / μ и приведенную пьезопроводность $\chi / r_{снп}^2$

$$\frac{kh}{\mu} = \left(\frac{Q * T_{пл} * z_{пл} * p_{ат}}{2\pi \tan \alpha * T_{ст}} \right), \quad (4)$$

$$\frac{\chi}{r_{снп}^2} = \frac{e^{B-bQ/\tan \alpha^2}}{2,25}, \quad (5)$$

где $\tan \alpha$ – угол наклона преобразованной кривой восстановления давления к оси абсцисс; «B» – отрезок, отсекаемый на оси ординат; Q – дебит скважины до остановки, $\text{см}^3/\text{сек}$; В формуле (24) дебит скважины до остановки в тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$.

Не учитывая нарушение линейного закона фильтрации вблизи скважины (турбулентность потока) введением коэффициента «b» в уравнение (5), величина приведенной пьезопроводности будет равна

$$\frac{\chi}{r_{\text{спр}}^2} = \frac{e^{B/\tan a^2}}{2,25}. \quad (6)$$

3. После определения параметров пласта обработку кривой восстановления давления проводят по схеме пласта конечных размеров с постоянным давлением на контуре (дифференциальный метод Чарного) по формуле

$$\ln \frac{d[\Delta p(t)]}{dt} = \ln \frac{Q \cdot T_{\text{пл}} \cdot z_{\text{пл}} \cdot p_{\text{ат}} \mu \beta}{0,78 \pi k h \cdot T_{\text{ст}}} - \beta \cdot t. \quad (7)$$

$$\beta = 2,405^2 \frac{\chi}{R_k^2}. \quad (8)$$

Перестраивая кривую восстановления давления в координатах

$$\ln \frac{d\Delta p(t)}{dt} \cdot t. \quad (9)$$

по прямолинейному участку определяем параметры гидропроводности kh/μ и параметр $\frac{\chi}{R_k^2}$ (10)

$$\frac{kh}{\mu} = \frac{Q \cdot T_{\text{пл}} \cdot z_{\text{пл}} \cdot p_{\text{ат}} \mu \beta e^{-B_1}}{0,78 \pi \cdot T_{\text{ст}}}; \quad (11)$$

$$\frac{\chi}{R_k^2} = \frac{\beta}{2,405^2} \quad (12)$$

где $\tan a$ – тангенс угла наклона прямолинейного участка к оси абсцисс; B_1 – отрезок, отсекаемый на оси ординат преобразованной кривой восстановления давления.

Участок временного интервала для определения параметров выбирается так, чтобы величина определяемой гидропроводности была равна величине гидропроводности, определенной по схеме бесконечного пласта (MDH).

Определяем фильтрационное сопротивление.

$$\frac{R_k}{r_{\text{спр}}} = \sqrt{\frac{\frac{\chi}{r_{\text{спр}}^2}}{\frac{\chi}{R_k^2}}}. \quad (13)$$

В формуле (13) величины $\frac{\chi}{r_{\text{спр}}^2}$, $\frac{\chi}{R_k^2}$ вычислены выше по формулам (11), (12).

Из формулы (13) можно вычислить величину R_k , определив предварительно величину пьезопроводности χ по формуле (61).

4. Обработка методом Хорнера позволяет определить пластовое давление.

Параметры пласта следует определять по тому же участку преобразованной в полулогарифмических координатах КВД, что и методом MDH (касательная).

Если период работы скважины до ее остановки на исследование T соизмерим с периодом наблюдения t после остановки, обрабатывать такие кривые восстановления давления следует методом Хорнера по формуле

$$p^2(t) = p_{\text{пл}}^2 - \frac{Q \cdot T_{\text{пл}} \cdot z_{\text{пл}} \cdot p_{\text{ат}} \mu}{2 \pi k h \cdot T_{\text{ст}}} \ln \frac{T+t}{t}, \quad (14)$$

где T – время (сек) работы скважины до остановки на исследование с дебитом Q (см³/сек).

Перестраивая кривую восстановления давления в координатах $p^2(t) - \log \frac{T+t}{t}$, по асимптоте определяют параметр гидропроводности kh/μ .

Метод Хорнера не позволяет определить параметр приведенной пьезопроводности $\chi/r_{\text{спр}}^2$, но дает возможность определить пластовое давление $p_{\text{пл}}$.

$$\frac{kh}{\mu} = \frac{Q \cdot T_{\text{пл}} \cdot z_{\text{пл}} \cdot p_{\text{ат}}}{2 \pi \tan a \cdot T_{\text{ст}}}, \quad (15)$$

где $\tan \alpha$ – угол наклона преобразованной кривой восстановления давления к оси абсцисс; «В» – отрезок, отсекаемый на оси ординат.

5. Оценка состояния призабойной зоны скважины – определение скин-эффекта. Величину скин-эффекта определяют по формуле:

$$S = \ln \frac{r_c}{r_{\text{спр}}}, \quad (16)$$

где r_c – радиус совершенной скважины по долоту, см;
 $r_{\text{спр}}$ – приведенный радиус скважины, определяется по известному значению приведенной пьезопроводности, определенной выше после обработки кривых восстановления давления.

$$r_{\text{спр}} = \sqrt{\frac{\chi}{\frac{\chi}{r_{\text{спр}}^2}}}. \quad (17)$$

χ – пьезопроводность пласта, определяется по формуле:

$$\chi = \frac{kP_{\text{пл}}}{\mu m}, \quad (18)$$

где k / μ – подвижность флюида, определяется по известному значению гидропроводности kh / μ , д/мПа · с; m – пористость пласта; $P_{\text{пл}}$ – замеренное пластовое давление в конце исследования, МПа.

Если величина $\frac{\chi}{r_{\text{спр}}^2}$ определена по формуле (12) не учитывающей турбулентность потока вблизи скважины введением коэффициента «b» из индикаторной диаграммы, то получаем величину псевдоскина, т.е. интегральную величину скин-эффекта, учитывающую несовершенство скважины по степени и характеру вскрытия, а также – нарушение линейной фильтрации газа.

6. Определение фактического коэффициента продуктивности скважины по формуле:

$$K_{\text{факт}} = \frac{\pi kh}{\mu \ln \frac{R_k}{r_{\text{спр}}}} = \frac{\pi kh}{\mu [\ln \frac{R_k}{r_c} + S]}. \quad (19)$$

В формуле (38) величина гидропроводности kh / μ определена из обработки кривой восстановления давления методом MDH.

Вычисление фактического дебита скважины для определения достоверности полученных параметров производят по формуле:

$$Q_{\text{факт}} = \frac{\pi kh \cdot \Delta p \cdot T_{\text{ст}}}{(\ln(\frac{R_{\text{др}}}{r_c}) + S) \mu \cdot 11,57 \cdot T_{\text{пл}} \cdot z_{\text{пл}} \cdot p_{\text{ат}}}. \quad (20)$$

В формулы (19), (20) входит интегральное значение скин-эффекта, т.е. – псевдоскин.

Радиус дренирования $R_{\text{др}}$ (радиус контура R_k) за время исследования скважины вычисляют по формуле:

$$R_{\text{др}} = \sqrt{2,25 \chi T}, \quad (21)$$

где χ – величина пьезопроводности определена выше (формула 18), T – продолжительность КВД, сек, $\Delta p = p_{\text{со}}^2 - p_{\text{с}}(t)^2$ – определено в конце исследования.

7. Потенциальный дебит скважины может быть вычислен по формуле (20) при условии снижения скин-эффекта (псевдоскина) до «0».

Можно задавать разные значения скина от 0 до 2,3, и т.д.

Величине радиуса дренирования $R_{\text{др}}$ также можно задавать разные значения от полученного при обработке КВД (формула 21) до радиуса контура питания, равного половине расстояния между скважинами R_k .

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. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
3. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
4. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН-Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячеключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010: Сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября–02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.
5. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
6. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
7. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.
8. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
9. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
10. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красноярском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.

References

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Nauchnyye osnovy i praktika osvoyeniya neftyanykh i gazovykh skvazhin. – Krasnodar : Izdatel'skiy Dom – Yug, 2016. – 576 p.
2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Lik Publishing House, 2018. – 292 p.
3. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Ed. FGBOU VO «KubSTU», 2019. – 275 p.
4. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of control of ASPO at the fields of LLC «RN-Krasnodarneftegaz» on the example of Uspensky and Gorya-Cheklyuchevsky sites // Construction and repair of wells – 2010: Collection of reports of the International scientific-practical conference (September 27–October 2, 2010, Gelendzhik, Krasnodar Territory) / LLC Research and Production Company «Nitpo». – Krasnodar : LLC «Research and Production Company «Nitpo», 2010. – P. 147–150.
5. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of the Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 156–166.
6. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Variants of reengineering in the re-construction of production facilities of the system of collection, transportation and preparation of oil, gas and water of the Ivanovo field // Oil Engineer. – 2020. – № 3. – P. 34–42.
7. Technique and technology of restoration of productivity of a well № 1273 of the Urengoi field by cutting of a lateral trunk / E.A. Kholopov [et al.] // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.
8. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of regulation of the reservoir pressure maintenance system at the Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
9. Shiyani S.I., Muntyan V.S. Prospects for the development of the Severo-Tarasovsky oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
10. Shiyani S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of side shafts at the Krasnovsky gas-oil field // Science and technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

УДК 528.063.1

ПРИМЕНЕНИЕ ИТЕРАЦИОННОГО МЕТОДА ЧИСЛЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЗАИМНОГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ ДАННЫХ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ



ITERATIVE METHOD OF NUMERICAL OPTIMIZATION APPLICATION FOR SOLVING THE REGISTRATION PROBLEM BASED ON POINT CLOUDS

Шарафутдинова Анжелика Алексеевна
аспирант кафедры инженерной геодезии,
Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I
anzhelikaalexeevna@gmail.com

Аннотация. Настоящая работа направлена на исследование и совершенствование взаимного ориентирования дискретных точечных моделей с использованием точек лазерного сканирования. Приведен анализ классического итерационного алгоритма ближайших точек, который является наиболее используемым методом, а также отражены его недостатки. В настоящей статье для решения задачи оптимизации взаимного ориентирования точечных моделей предлагается метод Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно. Предложенный метод обладает сверхлинейной сходимостью, а также обеспечивает высокую вычислительную производительность в отношении временных затрат на каждую итерацию что может быть наиболее эффективным при решении задач с большим объемом исходных данных.

Ключевые слова: итерационный алгоритм ближайших точек, взаимное ориентирование, метод Broyden-Fletcher-Goldfrab-Shanno, наземное лазерное сканирование, параметры преобразования.

Sharafutdinova Angelika Alekseevna
Postgraduate Student
of Engineering Geodesy Department,
Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University
anzhelikaalexeevna@gmail.com

Annotation. This work is aimed at researching and improving the registration method based on point clouds. The analysis of the traditional iterative closest points algorithm, which is the most used method, is given, and its shortcomings are also reflected. In this article, to solve the problem of optimizing the registration method based on point clouds, the Broyden-Fletcher-Goldfrab-Shanno method is proposed. The proposed method has superlinear convergence rate, and also provides high computational performance in terms of time spent on each iteration, which can be most effective when solving problems with a large amount of source data.

Keywords: iterative closest points, point cloud registration, Broyden-Fletcher-Goldfrab-Shanno, terrestrial laser scanning, datum transformation.

Наземное лазерное сканирование активно применяется для решения различных задач на всех стадиях жизненного цикла зданий и сооружений. Одним из этапов технологической схемы проведения наземного лазерного сканирования является взаимное ориентирование результатов измерений. В практике лазерного сканирования можно выделить два основных метода взаимного ориентирования точечных моделей:

- с использованием специальных марок, которые устанавливаются на объекте до начала измерений с учетом обеспечения их видимости с различных станций лазерного сканирования [1];
- с использованием точек лазерного сканирования, при котором взаимное ориентирование выполняется путем нахождения и совмещения общих точек в двух точечных моделях [2].

Настоящая работа направлена на исследование и совершенствование взаимного ориентирования с использованием точек лазерного сканирования. Классическим методом взаимного ориентирования двух точечных моделей с использованием точек лазерного сканирования является итеративный алгоритм ближайших точек (ICP) [3]. В основе вычислительного алгоритма лежит процесс поиска ближайших точек в двух моделях и вычисления для них параметров преобразования с последующим уточнением общих элементов преобразования для всей модели. При этом одна модель принимается истинной и не меняет своего положения, а вторая является подвижной и стремится занять положение наиболее близкое к истинной модели. Взаимное ориентирование представляет собой последовательный процесс, при котором ориентирование после-

дующей модели и предыдущей происходит до тех пор, пока все модели не будут объединены в единую точечную модель. На основании проведенного анализа общее описание работы алгоритма можно представить следующим образом [3–5]:

1. Поиск соответствующих точек N (количество пар) в двух моделях $Q = \{q_i, \dots, q_n\}$ и $P = \{p_i, \dots, p_n\}$. При этом каждому q_i и p_i принадлежит набор координат (q_{1i}, q_{2i}, q_{3i}) и (p_{1i}, p_{2i}, p_{3i}) соответственно.

2. Вычисление параметров преобразования для точек подвижной модели: R, t – матрицы поворота и смещения между двумя системами координат, с учетом минимизации целевой функции:

$$f(R, t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|(Rp_i + t) - q_i\|^2, \quad (1)$$

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}, t = \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{pmatrix}, p_i = \begin{pmatrix} p_{1i} \\ p_{2i} \\ p_{3i} \end{pmatrix}, q_i = \begin{pmatrix} q_{1i} \\ q_{2i} \\ q_{3i} \end{pmatrix}.$$

Тогда функция (1) примет следующий вид:

$$f(R, t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (r_{11}p_{1i} + r_{12}p_{2i} + r_{13}p_{3i} + t_1 - q_{1i})^2 + (r_{21}p_{1i} + r_{22}p_{2i} + r_{23}p_{3i} + t_2 - q_{2i})^2 + (r_{31}p_{1i} + r_{32}p_{2i} + r_{33}p_{3i} + t_3 - q_{3i})^2. \quad (2)$$

Следовательно ошибка $f(R, t)$ есть средняя квадратическая ошибка взаимного ориентирования.

Рассмотрим более детально последовательность вычислений параметров преобразования в классическом алгоритме ICP [3–5].

Шаг 1. Вычисление центра масс μ_Q, μ_P для каждой точечной модели

$$\mu_Q = \frac{1}{|N|} \sum_{(i,j) \in N} q_i, \\ \mu_P = \frac{1}{|N|} \sum_{(i,j) \in N} p_i. \quad (3)$$

Шаг 2. Вычисление центрированных векторов для каждой точечной модели

$$Q' = \{q_i - \mu_Q\} = \{q'_i\}, \\ P' = \{p_i - \mu_P\} = \{p'_i\}. \quad (4)$$

Шаг 3. Вычисление ковариационной матрицы центрированных векторов

$$W = \sum_{(i,j) \in N} q'_i p_i'^T. \quad (5)$$

Шаг 4. Вычисление сингулярного разложения матрицы W

$$W = UDV^T. \quad (6)$$

В выражении (6) каждая из матриц имеет различные свойства. Матрица D – диагональная и содержит все сингулярные числа. Матрицы U и V матрицы поворота размера 3×3 .

Шаг 5. Вычисление матрицы поворота R

$$R = UV^T. \quad (7)$$

Шаг 6. Вычисление вектора смещения t

$$t = \mu_Q - R\mu_P. \quad (8)$$

Анализ [6–8] показывает, что классический метод имеет ряд недостатков таких как: низкая вычислительная эффективность, необходимость высокого коэффициента перекрытия двух точечных моделей, узкая область сходимости и частое попадание в локальный минимум [6]. Также известно, что точность и сходимость метода, зависит от выбора начальных значений параметров геометрического преобразования, таких как поворот, смещение и изменение масштаба [7]. В некоторых случаях при больших углах поворота точечных моделей друг относительно друга и при симметричных объектах в двух точечных моделях, критерий может не сойтись к минимуму.

В настоящее время ведутся исследования над совершенствованием алгоритма ИСР, в том числе над повышением эффективности алгоритма ИСР, повышением точности алгоритма и решением проблемы локальных оптимальных решений [9–14].

В настоящей статье для решения задачи оптимизации взаимного ориентирования точечных моделей предлагается метод Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно (BFGS) [15, 16]. Метод BFGS является итерационным методом численной оптимизации, который принадлежит классу квазиньютоновских методов. Его отличием является то, что гессиан функции не вычисляется напрямую, т.е. нет необходимости находить частные производные второго порядка. Вместо этого гессиан оценивается приближенно, исходя из сделанных до этого итераций. Приведем обобщенный алгоритм метода [15, 16].

Шаг 1. Инициализация начального вектора параметров преобразования q_0 , установка требуемой точности поиска $\varepsilon > 0$, определение начального приближения $H_0 = B_0^{-1}$, где B_0^{-1} – обратный гессиан функции. На практике за начальное приближение как правило принимают единичную матрицу I .

Шаг 2. Вычисление градиента в начальных параметрах преобразования $\nabla f(q_0)$.

Шаг 3. Определение направления спуска d_0 :

$$d_0 = -H_0 * \nabla f(q_0). \quad (9)$$

Шаг 4. Вычисление следующего вектора параметров преобразования q_{k+1} через рекуррентное соотношение:

$$q_{k+1} = q_k + \alpha_k d_k, \quad (10)$$

где $\alpha_k > 0$ – длина шага, настраиваемая с помощью линейного поиска, который удовлетворяет условиям Вольфе [16]:

$$\begin{aligned} f(q_k + \alpha_k d_k) &\leq f(q_k) + c_1 \alpha_k \nabla f_k^T d_k, \\ \nabla f(q_k + \alpha_k d_k) &\geq c_2 \nabla f_k^T d_k, \end{aligned} \quad (11)$$

где c_1 и c_2 – константы, удовлетворяющие условию $0 \leq c_1 \leq c_2 \leq 1$.

Шаг 5. Определение вектора S_k шага алгоритма на итерации и вектора u_k изменения градиента на итерации:

$$\begin{aligned} S_k &= q_{k+1} - q_k, \\ p_k &= \nabla f(q_{k+1}) - \nabla f(q_k). \end{aligned} \quad (12)$$

Шаг 6. Вычисление гессиана функции на итерации:

$$H_{k+1} = (I - p_k S_k p_k^T) H_k (I - p_k p_k S_k^T) + p_k S_k S_k^T, \quad (13)$$

где $p_k = \frac{1}{p_k^T S_k}$.

Шаг 7. Повторение итерационного процесса до тех пор, пока не выполнится условие $|\nabla f(q_k)| < \varepsilon$.

Предложенный метод BFGS обладает сверхлинейной сходимостью, а также обеспечивает высокую вычислительную производительность в отношении временных затрат на каждую итерацию. В связи с вышеуказанным предлагается адаптация метода BFGS для решения задачи преобразования координат при выполнении взаимного ориентирования точечных моделей.

Литература

1. Наземное лазерное сканирование : монография / В.А. Середович [и др]. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 261 с.
2. Шульц Р.В. Наземное лазерное сканирование в задачах инженерной геодезии. – Кишинев : Palmarium Academic Publishing, 2013. – 348 с.
3. Besl P.J., Mc Kay N.D. A method for registration of 3-D shapes // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1992. – Vol. 14 (2). – P. 239–356.
4. Gruen A., Akca D. Least squares 3D surface and curve matching // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2005. – Vol. 59 (3). – P. 151–174.

5. Zhang Z. Iterative point matching for registration of free-form curves and surfaces // *International Journal of Computer Vision*. – 1994. – Vol. 13 (2). – P. 119–148.
6. Evaluation of the ICP Algorithm in 3D Point Cloud Registration / P. Li [et al.] // *IEEE Access*. – 2020. – DOI : 10.1109/ACCESS.2020.2986470
7. Вохминцев А.В. Методология решения проблемы одновременной навигации и построения карты на основе комбинирования визуальных и семантических характеристик окружающей среды: дис. ... д. техн. наук, – Челябинск, 2020. – 298 с.
8. Li Y., Wang Y. An accurate registration method based on point clouds and redundancy elimination of lidar data // *ISPRS Archives*. – 2008. – Vol. 37 (5). – P. 605–610.
9. Grant D., Bethe I.J., Crawford M. Point-to-plane registration of terrestrial laser scans // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2012. – Vol. 72. – P. 16–26.
10. Shen Y., Hu L., Li B. Morbidity problems and solutions of bursa model for local region coordinate transformation // *Acta Geodaetica Et Cartographica Sinica*. – 2006. – Vol. 35(1). – P. 95–98.
11. Wolf H. Scale and orientation in combined Doppler and triangulation nets // *Bull. Géodésique*. – 1980. – Vol. 54(1). – P. 45–53.
12. Soler T. Acompendium of transformation formula suseful in GPS work // *Journal of Geodesy*. – 1998. – Vol. 72. – P. 482–490.
13. Robust total least squares with reweighting iteration for three-dimensional similarity transformation / J. Lu [et al.] // *Surv. Rev.* – 2014. – Vol. 46 (334). – P. 28–36.
14. Tao Y.Q., Gao J.X., Yao Y.F. TLS algorithm for GPS height fitting based on robust estimation // *Surv. Rev.* – 2014. – Vol. 46 (336). – P. 184–188.
15. Fletcher R. *Practical methods of optimization*. – NY : Wiley, 1988. – 456 p.
16. Nocedal J., Wright S. *Numerical optimization*. – NY: Springer, 2006. – 683 p.

References

1. *Terrestrial laser scanning: monograph* / V.A. Seredovich [et al]. – Novosibirsk : SSGA, 2009. – 261 p.
2. Shults R.V. *Terrestrial laser scanning in problems of engineering geodesy*. – Chisinau : Palmarium Academic Publishing, 2013. – 348 p.
3. Besl P.J., Mc Kay N.D. A method for registration of 3-D shapes // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 1992. – Vol. 14 (2). – P. 239–356.
4. Gruen A., Akca D. Least squares 3D surface and curve matching // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2005. – Vol. 59 (3). – P. 151–174.
5. Zhang Z. Iterative point matching for registration of free-form curves and surfaces // *International Journal of Computer Vision*. – 1994. – Vol. 13 (2). – P. 119–148.
6. Evaluation of the ICP Algorithm in 3D Point Cloud Registration / P. Li [et al.] // *IEEE Access*. – 2020. – DOI : 10.1109/ACCESS.2020.2986470
7. Vokhmintsev A.V. Methodology for solving the problem of simultaneous navigation and building a map based on a combination of visual and semantic characteristics of the environment: dis. ... d. tech. Science. – Chelyabinsk, 2020. – 298 p.
8. Li Y., Wang Y. An accurate registration method based on point clouds and redundancy elimination of lidar data // *ISPRS Archives*. – 2008. – Vol. 37 (5). – P. 605–610.
9. Grant D., Bethe I.J., Crawford M. Point-to-plane registration of terrestrial laser scans // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2012. – Vol. 72. – P. 16–26.
10. Shen Y., Hu L., Li B. Morbidity problems and solutions of bursa model for local region coordinate transformation // *Acta Geodaetica Et Cartographica Sinica*. – 2006. – Vol. 35(1). – P. 95–98.
11. Wolf H. Scale and orientation in combined Doppler and triangulation nets // *Bull. Géodésique*. – 1980. – Vol. 54(1). – P. 45–53.
12. Soler T. Acompendium of transformation formula suseful in GPS work // *Journal of Geodesy*. – 1998. – Vol. 72. – P. 482–490.
13. Robust total least squares with reweighting iteration for three-dimensional similarity transformation / J. Lu [et al.] // *Surv. Rev.* – 2014. – Vol. 46 (334). – P. 28–36.
14. Tao Y.Q., Gao J.X., Yao Y.F. TLS algorithm for GPS height fitting based on robust estimation // *Surv. Rev.* – 2014. – Vol. 46 (336). – P. 184–188.
15. Fletcher R. *Practical methods of optimization*. – NY : Wiley, 1988. – 456 p.
16. Nocedal J., Wright S. *Numerical optimization*. – NY: Springer, 2006. – 683 p.

УДК 622.279.23

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН
НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ ФИЛЬТРАЦИИ**



**METHODOLOGY FOR CONDUCTING WELL RESEARCH
ON UNSTEADY FILTRATION MODES**

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук, доцент
кафедры оборудования нефтяных и газовых промыслов,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Кочканян Адэлина Вачегановна

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
Adelya_kv@mail.ru

Столбов Владимир Николаевич

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
vovaldey@yandex.ru

Немеренко Дарья Владимировна

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
dnemerenko1@mail.ru

Гузеева Есения Владимировна

студент направления подготовки 21.03.01
«Нефтегазовое дело»,
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
guzeeva.esenia@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается методика проведения исследования скважин на неустановившихся режимах фильтрации.

Ключевые слова: скважина, исследование, режимы фильтрации, давление на забое, методика, пласт.

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
of Oil and Gas Field Equipment,
Kuban State Technological University
akngs@mail.ru

Kochkanyan Adelina Vacheganovna

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
Adelya_kv@mail.ru

Stolbov Vladimir Nikolaevich

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
vovaldey@yandex.ru

Nemerenko Darya Vladimirovna

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
dnemerenko1@mail.ru

Guzeeva Yesenia Vladimirovna

Student Training Direction 21.03.01
«Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
guzeeva.esenia@yandex.ru

Annotation. This article discusses the methodology of conducting well research on erratic filtration modes.

Keywords: borehole, research, filtration modes, bottomhole pressure, method, formation.

Н а сегодняшний день целью исследования является оценка гидродинамического совершенства скважины, фильтрационных параметров и неоднородности свойств пласта по изменению давления.

Если давление на забое P_c , а тем более пластовое P_k превышают давление насыщения $P_{нас}$, то предполагается, что перераспределение давления в пласте после любых возмущений происходит по законам упругого режима. В подземной гидродинамике рассматривается задача притока упругой жидкости к скважине в бесконечном упругом пласте после ее внезапного пуска или остановки. Решением этой задачи:

$$\Delta P(r, t) = -\frac{Q \cdot \mu \cdot b_h}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot h} * E_i \left(-\frac{r^2}{4 \cdot \chi \cdot t} \right), \quad (1)$$

где k – проницаемость; h – толщина пласта; μ – вязкость жидкости.

Физическая интерпретация этой формулы следующая: $\Delta P(r,t)$ означает изменение давления в упругом пласте в точке М, удаленной от точки возмущения – скважины на расстояние r через время t после начала возмущения.

В данном случае под возмещением понимается либо пуск скважины с дебитом Q , либо внезапная остановка скважины, работавшей перед этим длительное время с дебитом Q (Q – расход при стандартных условиях). При пуске скважины давление в точке М уменьшается на ΔP по сравнению с первоначальным, а при внезапной остановке скважины, длительно работавшей с дебитом Q , ΔP – увеличение давления в точке М по сравнению с первоначальным $E_i(-x)$, где $x = \frac{r^2}{4\chi t}$ – специальная табулированная экспоненциальная функция, значения которой можно найти в таблицах специальных функций. Здесь $\chi = \frac{k}{\mu\beta^x}$ – пьезопроводность, при чем β^x – приведенный объемный коэффициент упругости среды (вода, нефть, порода), t – время с момента пуска или остановки скважины.

Решение (1) является строго аналитическим, поэтому оно справедливо для любых радиусов, в частности, для радиуса r , равного радиусу скважины r_c .

В этом случае формула (1) будет описывать закон изменения давления на стенке самой скважины и является характеристикой процесса «самопрослушивания» скважины. Таким образом, если остановить скважину и зарегистрировать изменение во времени давления на забое скважины, можно будет найти те параметры пласта, при которых закон изменения $\Delta P(t)$ совпадает с фактически зарегистрированным. Для практического использования формула неустановившихся режимах, т.е. при самопрослушивании, приходится иметь дело с малыми значениями аргумента $x = \frac{r_c^2}{4\chi t}$, так как r_c – радиус скважины мал, а t составляет сотни и тысячи секунд.

При малых x экспоненциальная функция

$$E_i(-x) = \int_x^\infty \frac{e^{-u}}{u} du. \quad (2)$$

Хорошо аппроксимируется логарифмической функцией $E_i(-x) = L_n(x) + 0,5772$, где 0,5772 – постоянная Эйлера, поэтому формулу (1) можно переписать следующим образом:

$$\Delta P = -\frac{Q\mu b_H}{4\pi k h} * (\text{Ln} \frac{r^2}{4\chi t} + 0,5772). \quad (3)$$

Вводя знак минус в скобки, и учитывая, что $L_n(e) = 1$, можно записать:

$$\Delta P = \frac{Q\mu b_H}{4\pi k h} * (\text{Ln} \frac{4\chi t}{r_c^2} - \text{Ln} * e^{0,5772}). \quad (4)$$

Но $e^{0,5772} = 1,781$.

Следовательно,

$$\Delta P = \frac{Q\mu b_H}{4\pi k h} * \text{Ln} \frac{4\chi t}{r_c^2 * 1,781}. \quad (5)$$

$$\Delta P = \frac{Q\mu b_H}{4\pi k h} * \text{Ln} \frac{2,2459\chi t}{r_c^2}. \quad (6)$$

Обычно числовой коэффициент под логарифмом округляют, так что $2,24587 = 2,25$. Итак, если остановить скважину, работавшую с дебитом Q , то на ее забое давление начнет повышаться в зависимости от времени t согласно формуле (6). При этом предполагают, что режим упругий и давление на забое больше давления насыщения.

На формуле (6) основана методика исследования скважины при неустановившихся режимах. Следует отметить, что формула (6) предполагает мгновенную остановку скважины (при $t = 0$; $Q = 0$). Это равносильно срабатыванию крана или клапана непосредственно на забое скважины. В действительности, остановка, например, фонтанной скважины производится на устье путем закрытия задвижки. В НКТ находится газожидкостная смесь, которая после остановки начнет сжиматься под действием возвращающегося забойного давления. В затрубном пространстве также произойдет рост давления и сжатие газовой шапки. Мгновенной остановки скважины не произойдет, а

будет продолжающийся последующий затухающий приток жидкости из пласта в скважину, чего формула (6) не предусматривает. Поэтому последующий приток является источником некоторых погрешностей, которые возможно исключить путем специальной обработки фактических данных.

Возвращаясь к формуле (6), перепишем ее так, чтобы время t было выделено, а именно

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu \cdot b_H}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot h} \cdot \text{Ln} \frac{2,5 \cdot \chi}{r_c^2} \cdot \text{Lnt} \quad (7)$$

Обозначим:

$$y = \Delta P_t, \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{Q \cdot \mu \cdot b_H}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot h} \cdot \text{Ln} \frac{2,5 \cdot \chi}{r_c^2}, \quad (9)$$

$$b = \frac{Q \cdot \mu \cdot b_H}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot h}, \quad (10)$$

$$x = \text{Lnt}. \quad (11)$$

Тогда (7) перепишется так:

$$y = a + b \cdot x. \quad (12)$$

А это есть уравнение прямой, не проходящей через начало координат.

Отсюда следует правило, что фактически снятая на забое скважины кривая восстановления давления (КВД) ΔP_t , перестроенная в полулогарифмических координатах $y = \Delta P$, $x = \text{Lnt}$, должна иметь вид прямой отсекающей на оси y ординату α , значения которой определяется по формуле (9), имеющей угловой коэффициент b , определяемый формулой (10).

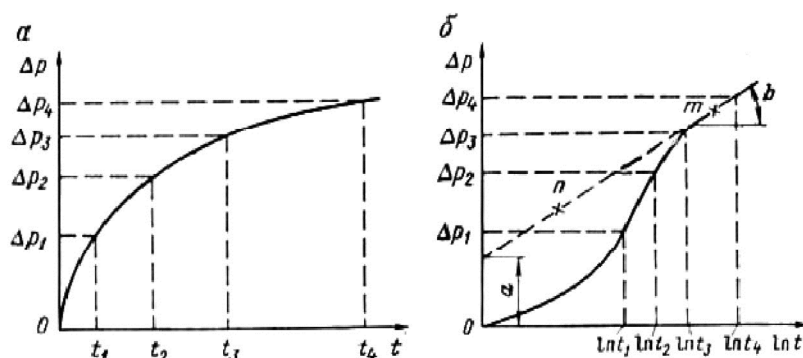


Рисунок 1 – Записанная манометром (а) и перестроена в полулогарифмические координаты (б) кривая восстановления давления в остановленной скважине

КВД на забое скважины записывается регистрирующим скважинным манометром с автономной или дистанционной записью показаний. Такой манометр, спускаемый на забой скважины до ее остановки, дает запись изменения P_c в функции времени t . Поэтому фактическую кривую ΔP_t необходимо перестроить в координаты $\Delta P(\text{Lnt})$ и найти ее постоянные коэффициенты α и b (рис. 1). Начальный участок КВД не укладывается на прямую, что связано частично с последующим притоком, о котором было сказано выше, и инерцией масс жидкости, которые вообще не учитываются формулой.

На перестроенной кривой $\Delta P(\text{Lnt})$ отыскивается прямолинейный участок, по двум точкам которого определяется угловой коэффициент

$$b = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\text{Lnt}_1 - \text{Lnt}_2}. \quad (13)$$

Вычислив b , можем определить из формулы (13) гидропроводность $\varepsilon = \frac{kh}{\mu}$:

$$\varepsilon = \frac{Q \cdot b_H}{4 \cdot \pi \cdot b}. \quad (14)$$

Зная ε легко найти проницаемость k .

Отрезок a на оси ординат можно получить либо графическим построением, либо аналитически. Из формулы (7) имеем

$$\frac{Q \cdot \mu \cdot b_H}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot h} * \text{Ln} \frac{2,5 \cdot \chi}{r_c^2} = \Delta P_i - \frac{Q \cdot \mu \cdot b_H}{4 \cdot \pi \cdot k \cdot h} * \text{Lnt}_i \quad (15)$$

или, поставляя b , получим

$$b * \text{Ln} \frac{2,5 \cdot \chi}{r_c^2} = \Delta P_i - b * \text{Lnt}_i . \quad (16)$$

ΔP_i и Lnt_i – ордината и абсцисса любой точки прямой. Поделив все на b и разложив логарифмы, можно выражение (16) переписать следующим образом:

$$\text{Ln} 2,25 + \text{Ln} \frac{\chi}{r_c^2} = \frac{\Delta P_i}{b} - \text{Lnt}_i, \quad (17)$$

откуда

$$\text{Ln} \frac{\chi}{r_c^2} = \frac{\Delta P_i}{b} - \text{Lnt}_i - \text{Ln} 2,25. \quad (18)$$

($\text{Ln} 2,25 = 0,80909$). Учитывая, что $\text{Lne} = 1$, можно (18) переписать так:

$$\text{Ln} \frac{\chi}{r_c^2} = \text{Lne} \frac{\Delta P_i}{b} - \text{Lnt}_i - \text{Ln} 2,25 = \text{Ln} \frac{e^{\frac{\Delta P_i}{b}}}{2,25 * t_i}. \quad (19)$$

После преобразования получим

$$\frac{r_c^2}{\chi} = \frac{2,25 * t_i}{e^{\frac{\Delta P_i}{b}}} \quad (20)$$

По формуле (20) определяется компонент $\frac{r_c^2}{\chi}$. Если по другим данным известна пьезопроводность χ , то можно определить приведенный радиус скважины $r_{пр}$, учитывая гидродинамическое несовершенство скважины, так как известно, что для перехода от совершенной скважины с радиусом r_c к несовершенной достаточно подставить вместо радиуса скважины $r_{пр}$.

Параметры пласта, определенные по КВД описанным методом, характерны для удаленных зон пласта.

Аналогично метод неустановившихся режимов исследуются нагнетательные скважины. Поскольку в нагнетательных скважинах ствол полностью заполнен жидкостью, то погрешности, связанные с явлениями последующего притока, в данном случае не возникают. Кроме того, отсутствие газированного столба жидкости в скважине позволяет измерять давление непосредственно на устье, добавляя к этим показаниям гидростатическое давление столба жидкости в скважине.

Для снятия КВД нагнетательной скважины, работавшей длительное время с дебитом Q , в принципе достаточно на устье закрыть задвижку, т.е. прекратить закачку и снять кривую падения давления $\Delta P = f(t)$ на устье. Величина ΔP определяется как разность между давлением на устье при установившемся режиме закачки, т.е. давлением нагнетания, и текущим давлением на устье после прекращения закачки.

Обработка полученных данных для определения пластовых параметров не отличается от описанной выше. Аналитический аппарат для обработки результатов исследования добывающих и нагнетательных скважин на неустановившихся режимах, описанный выше, пригоден и для обработки результатов при ступенчатом изменении дебита на величину ΔQ . Ступенчатое изменение дебита может быть достигнуто сменой штуцера или покрытием задвижки. При этом скважинным манометром фиксируется КВД $\Delta P(t)$ при переходе от начального дебита Q_1 к новому дебиту Q_2 , изменившемуся на величину $\Delta Q = Q_2 - Q_1$. В соответствующие формулы вместо Q необходимо подставить ΔQ . В остальном обработка остается прежней.

Аналогичные приемы используются и для так называемого гидропрослушивания пласта. В этом случае в одной скважине вызывается возмущение, т.е. пуск или остановка (начало закачки или прекращение), а другой – удаленной или в нескольких скважинах – реагирующих фиксируется изменение давления во времени. Для обработки

результатов используется также формула (7), причем за величину r принимается расстояние между скважинами, за t – время, истекшее с начала возмущения, а за Q – дебит остановленной добывающей или нагнетательной скважины. Поскольку на подобные возмущения удаленные скважины реагируют слабо, то при гидропрослушивании в реагирующих скважинах замеряют изменения статического уровня с помощью опускаемых приборов – пьехографов.

Ранее было отмечено некоторое несоответствие реально протекающего процесса восстановления давления и закрытия скважины, сопровождаемое последующим притоком, с используемым математическим аппаратом, предусматривающим мгновенную остановку скважины. Для устранения этого несоответствия очень многими исследователями были разработаны методы обработки КВД и ряда других дополнительных данных, позволяющих учитывать последующий приток, вносить поправку в линию $\Delta P(Lnt)$ и существенно увеличивать число точек на прямолинейном участке кривой. Для того чтобы обработать КВД с учетом притока, необходимо знать этот последующий приток в функции времени. Его измеряют хорошо оттарированным и достаточно чувствительным скважинным дебитомером. Однако такие измерения можно произвести только в фонтанных или газлифтных скважинах, в которых НКТ свободны для спуска прибора.

Последующий приток можно определить косвенным путем, хотя и менее точно. Для этого после остановки фонтанной или газлифтной скважины с помощью образцовых манометров записываются изменения давления в затрубном пространстве и на устье скважины. Кроме того, имеется КВД, записанная на забое скважины. Разбивая весь процесс восстановления давления на интервалы по времени и располагая указанными выше данными, которые также разбиваются на те же интервалы по времени, а также зная площади сечения кольцевого пространства и НКТ, можно вычислить объемы жидкости, поступившие в кольцевое пространство и НКТ в течение соответствующего интервала времени. Частное от деления приращения объема жидкости на приращение времени дает расход в данный момент времени. По данным расхода вносится поправка $z > 1$ в величину ΔP . Это позволяет поднять точки левой, пониженной части кривой $\Delta P(Lnt)$ и, таким образом, получить большее число точек на прямолинейной части кривой.

Таким образом, данным методом можно оценить гидродинамическое совершенство скважины, фильтрационных параметров и неоднородности свойств пласта по изменению давления.

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. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
3. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
4. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН-Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячеключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010: Сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября–02 октября 2010 года, Геленджик, Краснодарский край) / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.
5. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
6. Шиян С.И., Омельченко Н.Н. Варианты реинжиниринга при реконструкции производственных объектов системы сбора, транспортировки и подготовки нефти, газа и воды Ивановского месторождения // Инженер-нефтяник. – 2020. – № 3. – С. 34–42.
7. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.

8. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
9. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
10. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.

References

1. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremiychuk R.S. Nauchnyyeosnovyipraktikaosvoyeniyaneftyanykhi-gazovykhskvazhin. – Krasnodar : Izdatel'skiyDom – Yug, 2016. – 576 p.
2. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Lik Publishing House, 2018. – 292 p.
3. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Ed. FGBOU VO «KubSTU», 2019. – 275 p.
4. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods of control of ASPO at the fields of LLC «RN-Krasnodarneftegaz» on the example of Uspensky and Gorya-Cheklyuchevsky sites // Construction and repair of wells – 2010: Collection of reports of the International scientific-practical conference (September 27–October 2, 2010, Gelendzhik , Krasnodar Territory) / LLC Research and Production Company «Nitpo». – Krasnodar : LLC «Research and Production Company «Nitpo», 2010. – P. 147–150.
5. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and prospects for the development of the Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 156–166.
6. Shiyani S.I., Omelchenko N.N. Variants of reengineering in the re-construction of production facilities of the system of collection, transportation and preparation of oil, gas and water of the Ivanovo field // Oil Engineer. – 2020. – № 3. – P. 34–42.
7. Technique and technology of restoration of productivity of a well № 1273 of the Urengoy field by cutting of a lateral trunk / E.A. Kholopov [et al.] // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.
8. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of regulation of the reservoir pressure maintenance system at the Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
9. Shiyani S.I., Muntyan V.S. Prospects for the development of the Severo-Tarasovsky oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
10. Shiyani S.I., Beresovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of side shafts at the Krasnovsky gas-oil field // Science and technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ



PEDAGOGICAL SCIENCES

УДК 796.012.6.011.1

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА



IMPACT OF PHYSICAL EXERCISES ON THE HUMAN BODY

Еременко Вера Николаевна

старший преподаватель кафедры
физического воспитания и спорта
Кубанский государственный технологический университет
vera_er_ko@mail.ru

Васильева Ангелина Владимировна

студентка гр. 19ЭБДА 1
Кубанский государственный технологический университет
angel9286035727@gmail.com

Аннотация. В представленной статье изучается влияние физической активности на организм человека. В условиях современного мира с появлением устройств, облегчающих трудовую деятельность (компьютер, техническое оборудование) резко сократилась двигательная активность людей по сравнению с предыдущими десятилетиями. Это, в конечном итоге, приводит к снижению функциональных возможностей человека, а также различного рода заболеваниям.

Ключевые слова: физическая активность, физическое воспитание, состояние здоровья, физические упражнения.

Eremenko Vera Nikolaevna

Senior Lecturer of the Department
of Physical Education and Sports
Kuban State Technological University
vera_er_ko@mail.ru

Vasilyeva Angelina Vladimirovna

Student gr. 19 EBDA 1
Kuban State Technological University
angel9286035727@gmail.com

Annotation. This article examines the effect of physical activity on the human body. In the conditions of the modern world, with the advent of devices that facilitate labor activity (computer, technical equipment), the motor activity of people has sharply decreased compared to previous decades. This ultimately leads to a decrease in human functionality, as well as various kinds of diseases.

Keywords: physical activity, physical education, health status, exercise.

Одна из доминирующих черт нашего времени – ограничение двигательной активности современного человека. Сто лет назад 96 % трудовых операций совершались за счет мышечных усилий. В настоящее время – 99 % с помощью различных механизмов. Необходима компенсация дефицита двигательной активности, иначе наступает расстройство, дисгармония сложной системы организма человека.

Организм человека состоит из отдельных органов, выполняющих свойственные им функции. Различают группы органов, выполняющих совместно общие функции, – системы органов. Из внешней среды организм получает все необходимые для жизнедеятельности и развития вещества, вместе с тем он получает поток раздражителей (температура, влажность, солнечная радиация, производственные вредные воздействия и др.), который стремится нарушить постоянство внутренней среды организма (гомеостаз) [1].

Нормальное существование человека в этих условиях возможно только в том случае, если организм своевременно реагирует на воздействия внешней среды соответствующими приспособительными реакциями.

Физические упражнения становятся своеобразным регулятором, обеспечивающим управление жизненными процессами и сохранение постоянства внутренней среды. А значит, физические упражнения надо рассматривать не только как развлечение и отдых (что важно!), но и как средство сохранения здоровья (что ещё более важно!).

Недостаточная двигательная активность создает особые неестественные условия для жизнедеятельности человека, отрицательно воздействует на структуру и функции всех тканей организма человека. Вследствие этого наблюдается снижение общих защитных сил организма, увеличивается риск возникновения заболеваний.

Прогресс науки и техники предъявляет современному человеку высокое требование к его физическому состоянию и увеличивает нагрузку на психическую, умственную и эмоциональную сферы.

Наряду с разумным сочетанием труда и отдыха, нормализацией сна и питания, отказа то вредных привычек систематическая мышечная деятельность повышает психическую, умственную и эмоциональную устойчивость организма.

Человек, ведущий подвижный образ жизни систематически занимающийся физическими упражнениями, может выполнить значительно большую работу, чем человек, ведущий малоподвижный образ жизни. Это связано с резервными возможностями человека.

В наше время широко известно, что регулярные физические упражнения защищают от болезней и хронических заболеваний. Поэтому во многих школах физкультуру включили в учебную программу. Кроме того, физическому воспитанию придается огромное значение в школах и колледжах для укрепления здоровья и психики учащихся. Физическое воспитание включает в себя тренировку тела для усиленного развития тела и разума [2].

Физическая активность полезна для людей, чтобы улучшить свои двигательные и когнитивные навыки с помощью частых и энергичных упражнений, занятий, легкой атлетики и так далее. Видя многочисленные преимущества физического воспитания для человеческого организма и его влияние на жизнь людей, трудно игнорировать его важность. Физическое воспитание помогает учащимся осознать важность стабильного тела и разума. Студенты также узнают о преимуществах частых занятий фитнесом в своем ежедневном расписании. Поскольку это приводит к бодрому и взволнованному настроению, это очень полезно для детей, чтобы оставаться в форме, укреплять свои мышцы и повышать свою выносливость.

Несколько видов исследований показывают, что уровень уверенности студентов, занимающихся повседневными физическими нагрузками, высок [3]. Регулярное участие в спортивных состязаниях, как в команде, так и в одиночку, может быть полезным для роста характера человека. Физическое воспитание выступает в качестве мотивации, которая побуждает учащихся принимать участие в таких мероприятиях и получать удовольствие от победы. Это также учит студентов воспринимать потери с оптимизмом. Таким образом, приводя к развитию всей личности и характера человека.

Поощряя студентов принимать участие в нескольких видах деятельности, таких как спорт, большинство командных видов спорта, физическое воспитание помогает им улучшить свои командные навыки. Студенты осознают преимущество и важность работы в команде. Это также учит их тому, как работать сообща для достижения конкретной цели. Таким образом, это помогает предложить учащимся лучшие коммуникативные навыки и умение легко общаться с людьми.

Кроме того, известно, что введение физкультуры в школы способствовало формированию у учащихся эмоциональной устойчивости. Таким образом, инструкторы по физическому воспитанию могут сыграть жизненно важную роль, помогая учащимся принимать правильные решения в жизни, подталкивая их к здоровому распорядку дня. Несколько решений, принятых учащимися в ранние годы, имеют огромное значение для их будущего или эмоционального здоровья.

Также не стоит забывать, что большое количество физических нагрузок может негативно сказаться на организме человека. Ответная реакция организма на большие физические нагрузки различна и связана с подготовленностью человека на данном этапе, возрастом, полом и др. Не следует забывать, что очень интенсивные спортивные тренировки оказывают глубокое воздействие на все физиологические процессы, в результате чего нередко возникает состояние перетренированности, которое часто сопровождается подавленным психическим состоянием, плохим самочувствием, нежеланием заниматься и т.д. Состояние перетренированности в известном смысле сходно с состоянием физического и нервного истощения, и такой человек является потенциальным пациентом врача [4].

В подобных случаях нужно изменить содержание тренировок, уменьшить их продолжительность, переключиться на другой вид спорта или вообще на какой-то период прекратить тренировки. Полезны прогулки, массаж, прием поливитаминных комплексов и др. Следует также отметить, что перетренированность (переутомление) затрагивает не только физическое состояние человека, но и проявляется в нервном перенапряжении (невроз). Все это способствует возникновению травм, особенно опорно-двигательного аппарата. Происходит также снижение общей сопротивляемости орга-

низма различным инфекциям и простудным заболеваниям (грипп, ОРВИ и др.). Таковы наиболее распространенные последствия больших тренировочных нагрузок, которые превышают физические и психические возможности человека. Для предупреждения переутомления необходимы врачебное наблюдение и самоконтроль.

Следует иметь в виду, что речь идет не вообще о применении больших нагрузок, а об их нерациональном использовании, когда они становятся чрезмерными. Поэтому понятие о физическом перенапряжении следует связывать не столько с большими, сколько с чрезмерными нагрузками (100-километровые и суточные пробеги, многокилометровые заплывы и т.п.). К тому же одинаковая нагрузка для одного человека (или спортсмена) может быть нормальной, а для другого чрезмерной – все зависит от подготовленности организма к ее выполнению [5]. Если, например, человек работает на производстве и выполняет тяжелую работу, да еще занимается физическими упражнениями, то может проявиться кумулятивный эффект. Он приводит к нервным срывам, перегрузкам, а нередко и к различным заболеваниям.

Выполнение же больших физических нагрузок здоровым человеком, подготовленным к их выполнению, не может быть причиной возникновения болезни (или травмы). Но если он недостаточно к ним подготовлен, если имеются очаги хронической инфекции, то в таких случаях большие физические нагрузки могут стать причиной возникновения различных заболеваний человека и надолго вывести его из строя. Развитие приспособительных механизмов к физическим нагрузкам достигается в результате постоянных тренировок, что является примером функциональной адаптации. Неполноценное или неадекватное проявление приспособительных реакций способствует развитию заболеваний или возникновению травм опорно-двигательного аппарата. Конечно, у здорового человека приспособительные механизмы более совершенны, чем у человека, имеющих хронические заболевания. У последних наблюдается ослабление приспособительных реакций, а потому зачастую при чрезмерных физических и психоэмоциональных нагрузках наступает срыв адаптационных механизмов [6]. Хронические перегрузки, перенапряжения при занятиях спортом повышают угрозу травмирования и возникновения посттравматических заболеваний у человека. Поэтому очень важно как можно раньше выявлять причины, которые могут вызвать у них то или иное патологическое состояние.

Таким образом, можно сделать вывод, что физическая активность оказывает положительное влияние на организм человека, а также положительно влияет на когнитивные функции. Не стоит забывать, что физические упражнения окажут положительное воздействие, если при занятиях будут соблюдаться определенные правила. Необходимо следить за состоянием здоровья – это нужно для того, чтобы не причинить себе вреда, занимаясь физическими упражнениями. Если имеются нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы, упражнения, требующие существенного напряжения, могут привести к ухудшению деятельности сердца. Не следует заниматься сразу после болезни. Нужно выдержать определенный период, чтобы функции организма восстановились, – только тогда физическая культура принесет пользу.

Литература

1. Васильева О.С. «Книга о новой физкультуре» (развивающие возможности физической культуры). – Ростов н/Д, 2001.
2. Евсеев Ю.И. Физическая культура : учеб.пособие для вузов / 3-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2005.
3. Duzel E., Van Praag H., Sendtner M. Могут ли физические упражнения в пожилом возрасте улучшить память и функцию гиппокампа? Головной мозг. – 2016. – № 139 (3). – С. 662–673. – URL : <https://doi.org/10.1093/brain/aww407>.
4. Амосов Н.М., Муравов И.В. Сердце и упражнение. – М., 1985.
5. Левин О.С., Боголепова А.Н. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: клинические особенности и современные подходы к реабилитации // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2020. – № 120 (11). – С. 99–107. – URL : <https://doi.org/10.1161/STROKEANA.117.017319>.
6. Танцевальная терапия улучшает двигательные и когнитивные функции у пациентов с болезнью Паркинсона / Э.Р. Натале [и др.]. – URL : <https://doi.org/10.3233/NRE-161399>.

References

1. Vasilyeva O.S. «The book about the new physical culture» (developing the possibilities of physical culture). – Rostov n/D, 2001.
2. Evseev Yu.I. Physical culture: textbook for universities / 3rd ed. – Rostov n/D : Phoenix, 2005.
3. Duzel E., Van Praag H., Sendtner M. Can exercise in old age improve memory and hippocampal function? *Brain*. – 2016. – № 139 (3). – P. 662–673. – URL : <https://doi.org/10.1093/brain/awv407>.
4. Amosov N.M., Muravov I.V. Heart and exercise. – M., 1985.
5. Levin O.S., Bogolepova A.N. Post-stroke motor and cognitive disorders: clinical features and modern approaches to rehabilitation // *Journal of Neurology and Psychiatry. S.S. Korsakov*. – 2020. – № 120 (11). – P. 99–107. – URL : <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.117.017319>.
6. Dance therapy improves motor and cognitive functions in patients with Parkinson's disease / E.R. Natale [et al.]. – URL : <https://doi.org/10.3233/NRE-161399>.

УДК 17

**ФЕНОМЕН ЛЮБВИ В КОНТЕКСТЕ ФИЛОСОФИИ
И ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ НАУКИ**



**THE PHENOMENON OF LOVE IN THE CONTEXT OF PHILOSOPHY
AND PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL SCIENCE**

Косюк Полина Владимировна

студент

Кубанский государственный технологический университет
polina_kosyuk@mail.ru

Гура Алёна Юрьевна

кандидат философских наук, доцент

кафедры истории, философии и психологии,
Кубанский государственный технологический университет
alena-gura85@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема любви и её осмысление в рамках философии, психологической и педагогической науки. В каждую эпоху люди различным образом подвергали анализу и вскрывали суть феномена любви. Второстепенные вопросы, касающиеся различных аспектов любви, отражали «дух» эпохи и актуальность этих явлений. Предлагаем проследить истоки и трансформацию смысла понятия любви и каким образом менялось отношение людей к феномену любви.

Ключевые слова: любовь, чувство, жизнь, человек, философия, счастье.

Kosyuk Polina Vladimirovna

Student,

Kuban State Technological University
polina_kosyuk@mail.ru

Gura Alyona Yurievna

Candidate of Philosophical Sciences,
Associate Professor of the Department
of History, Philosophy and Psychology,
Kuban State Technological University
alena-gura85@yandex.ru

Annotation. This article examines the problem of love and its understanding within the framework of philosophy, psychological and pedagogical science. In each epoch, people analyzed and revealed the essence of the phenomenon of love in different ways. Secondary questions concerning various aspects of love reflected the «spirit» of the era and the relevance of these phenomena. We propose to trace the origins and transformation of the meaning of the concept of love and how people's attitude to the phenomenon of love changed.

Keywords: love, feeling, life, man, philosophy, happiness.

Любовь достаточно многогранное понятие. Для каждого ученого в зависимости от того, в какой области он работает, и для обычного человека понимание любви будет свое. К понятию любви обращаются представители всех этапов развития философской мысли, ввиду значимости и актуальности этой проблемы наряду с такими как смысл жизни, познаваемость мира, первичность материи или идеи. Философы и ученые совершали попытки постигнуть смысл понятия любви, раскрыть специфику феномена любви. Определения любви столь различны как и философские взгляды, культуры разных стран и характеристик обществ в конкретные периоды их развития. Из-за этого до сих пор не получается создать единую концепцию этого понятия. Но попытки обозначение граней этого понятия происходят и по сегодняшний день.

Углубляясь в древнюю философию, можно отметить, что в древнегреческой мысли почти нет попыток понять, что же такое любовь. Однако исключением является мифологическое представление о любви Платона. «Платонический вид любви как чувственный идеал заботы индивида о самом себе» [1, с. 10]. Личность в таких условиях возвышается, опираясь на силу любви, оказывается не подвержена слепым страстям и нелепым поступкам. Разум направляет, а нравственное воспитание обуславливает существование и деятельность личности.

В истории философии размышления о сути любви, ее назначении в истории человечества окончательно оформились в XVIII–XIX веков. И. Кант писал о величайшем значении в судьбе человека. «Когда дело касается выполнения долга, а не просто представления о нем, пишет мыслитель, – когда речь идет о субъективной основе действия, в первую очередь определяющей, как поступит человек (в отличие от объективной стороны, диктующей, как он должен поступить), то именно любовь, свободно вклю-

чающая волю другого в свои максимы, необходимо дополняет несовершенства человеческой природы и принуждает к тому, что разум предписывает в качестве закона». В человеке укрепляются добродетельные качества, гуманизм, открытость и творческая направленность.

Любовь становится глубокой и зрелой в момент душевного слияния воедино с другим. Об истинной сущности любви говорил Г. Гегель: «отказаться от сознания самого себя, забыть себя в другом и, однако, в этом же исчезновении и забвении впервые обрести самого себя и обладать самим собой». Г. Гегель в определении любви утверждает «слияние душ», растворение души любящего в душе любимого, и при этом мы не теряем себя, а обретаем самого себя. Этот тезис можно отнести к сущностной основе любви.

В русской философии и литературе достаточно часто всплывает тема любви, любовь воспевается как самое чистое чувство. Поэты и прозаики открывают таинственный мир переживаний, страданий, и метаний души. Представители русской философии, как В.С. Соловьев, В.В. Розанов, Н.А. Бердяев, С.Л. Франк развивают тему любви как творческого акта, как религиозного восприятия живого существа, как сила, позволяющая преодолеть изоляцию души. В рамках западной философской мысли отдельным образом хочется сказать о психоаналитике и последователе идей Фрейда, философе Эрихе Фромме. Любовь, в интерпретации Э. Фромма, – это искусство, которое требует опыта, умения концентрироваться, интуиции и понимания. Любовь нужно постигать. В своей работе «Искусство любить» Э. Фромм пишет о том, что страсть любить – это самое существенное проявление положительных, жизнеутверждающих влечений человека [2, с. 1278]. Направленность любви различна, объекты любви уникальны, проявления любви субъективно окрашены. «Любовь – единственный удовлетворительный ответ на вопрос о проблеме существования человека» полагал Э. Фромм.

В рамках современной философии и психологической науки происходит проблематизация любви, как «рефлексия; нахождение проблем как источников затруднений с целью их разрешения» [5, с. 23], в данном случае это касается разделения понятий любви и влюбленности. Любовь связывают с понятиями устойчивости, стабильности, и длительности течения, влюбленность же, наоборот, – недолговечна, непрочно, эфемерна. Любовь достигается трудом самого любящего, она требует непрерывной поддержки, взращивания, а влюбленность врывается в жизнь человека на какой-то период помимо его воли. В «Социальной психологии» Дэвида Майерса влюбленность называется любовью-страстью, которая определяется как «физиологически переживаемое биологическое возбуждение, вызванное человеком, которого мы считаем привлекательным» [3]. Недостаток такой формы любви – её краткость: «страстная влюбленность может сохраняться в течение нескольких месяцев, иногда – пару лет, но никакая страсть не может быть вечной».

Совсем иначе обстоит дела с любовью-дружбой, определяемой как «нежность, которую мы чувствуем к тому человеку, жизнь которого тесно переплетена с нашей собственной». Именно любовь-дружба определяется как долговечное чувство, которое может являться залогом крепких семейных уз. Ильина Е.П. интерпретирует природу любви следующим образом: «Любовь – явление гораздо более серьезное, она пронизывает всю жизнь человека, определяя его развитие, мироощущение, а порой и весь смысл жизни» [4]. В книге Ильина «Психология любви» любовь предстает многогранной и всепроникающей. Не стоит ограничиваться только установлением связи любви с обыденным представлением о взаимоотношениях между мужчиной и женщиной. Любовь проникает во все сферы взаимодействия между людьми. Ввиду этого отдельным образом характеризуют любовь родителей к детям, детей к родителям, любовь к родине и т.д. В педагогической науке любовь к детям рассматривается как нравственно-эмоциональное чувство, которое обуславливает педагогическое мастерство. Ввиду этого современный «лично-ориентированный подход предполагает помощь педагога в раскрытии возможностей обучающихся» [6].

Подводя итоги следует сказать о «вечности» проблемы понимания сути и значимости феномена любви. Многие ученые, философы по-разному отвечая на этот сложный вопрос, были едины в одном – любовь – это самая таинственная и самая парадоксальная реальность. Благодаря любви мы способны созидать, блаженствовать и страдать. Главная суть любви заключается в том, что она придает жизни человека эмоциональный окрас и смысл.

Литература

1. Измайлова Д.А. Философия любви // Проблемы естествознания: история и современность, Ставрополь, 20–23 марта 2017 года. – Ставрополь : Издательство «АГРУС», 2017. – С. 19–22.
2. Ключева А. Философия любви // Студенческая наука и XXI век. – 2013. – № 10. – С. 197–199.
3. Соколова М.Д. Тема любви в современной философии // Риски и уязвимости современной социокультурной трансформации : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Липецк, 29–30 июня 2021 года. – Липецк : Липецкий го-сударственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2021. – С. 43–45.
4. Пялина О.О., Корнилов А.П. Понятие «любовь» в философии // Синергия Наук. – 2019. – № 32. – С. 1274–1283.
5. Хакуз П.М., Гура А.Ю. О содержании понятия «проблематизация» // Общество: философия, история, культура. – 2016. – № 11. – С. 23–26.
6. Гура А.Ю. Психолого-педагогические условия развития креативности студентов технического вуза // В сборнике: Инновационные процессы в высшей школе. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского государственного технологического университета. Сборник статей. – 2018. – С. 177.

References

1. Izmailova D.A. Philosophy of love // Problems of natural science: history and modernity, Stavropol, March 20–23, 2017. – Stavropol : Publishing house «AGRUS», 2017. – P. 19–22.
2. Kluzheva A. Philosophy of love // Student Science and the XXI century. – 2013. – № 10. – P. 197–199.
3. Sokolova M.D. The theme of love in modern philosophy // Risks and vulnerabilities of modern socio-cultural transformation : Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference, Lipetsk, June 29–30, 2021. – Lipetsk : Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, 2021. – P. 43–45.
4. Pyalina O.O., Kornilov A.P. The concept of «love» in philosophy // Synergy of Sciences. – 2019. – № 32. – P. 1274–1283.
5. Hakuz P.M., Gura A.Y. About the content of the concept of «problematization» // Society: philosophy, history, culture. – 2016. – № 11. – P. 23–26.
6. Gura A.Y. Psychological and pedagogical conditions for the development of creativity of students of a technical university // In the collection: Innovative processes in higher education. Materials of the International Scientific and practical conference dedicated to the 100-th anniversary of the Kuban State Technological University. Collection of articles. – 2018. – P. 177.

УДК 17

**ВЗГЛЯД НА ПРИРОДУ ЧЕЛОВЕКА
ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ПСИХОАНАЛИЗА З. ФРЕЙДА**
◆◆◆◆
**A LOOK AT HUMAN NATURE THROUGH THE PRISM
OF PSYCHOANALYSIS Z. FREUD**

Мягкова Александра Ивановна

студент
Кубанский государственный технологический университет
alex13_02@mail.ru

Гура Алёна Юрьевна

кандидат философских наук,
доцент кафедры истории, философии и психологии,
Кубанский государственный технологический университет
alena-gura85@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены взгляды на природу человека Зигмунда Фрейда. Проанализирован подход З. Фрейда к формированию и развитию личности. Сопоставлены мнения о стремлениях человека в своем развитии. Сделан вывод о том, что взгляд на природу человека у разных философов значительно отличается в силу невозможности абсолютного познания человека и его природы.

Ключевые слова: человек, природа человека, личность, поведение, психоанализ, сознательное, бессознательное, либидо, архетипы, чувства, инстинкты, религия.

Myagkova Alexandra Ivanovna

Student,
Kuban State Technological University
alex13_02@mail.ru

Gura Alyona Yurievna

Candidate of Philosophical Sciences,
Associate Professor of the Department
of History, Philosophy and Psychology,
Kuban State Technological University
alena-gura85@yandex.ru

Annotation. The article discusses the views of Sigmund Freud on human nature. The approach is analyzed of Z. Freud's approach to the formation and development of personality. Opinions about human aspirations in their development are compared. It is concluded that the view of human nature differs significantly among different philosophers due to the impossibility of absolute knowledge of man and his nature.

Keywords: man, human nature, personality, behavior, psychoanalysis, conscious, unconscious, libido, archetypes, feelings, instincts, religion.

Формирование представлений о человеке имеет свою историю, причем ключевые изменения во взглядах на человека можно проследить. Немецкий философ Иммануил Кант в одной из своих последних работ «Антропология» поставил вопрос «Что такое человек?», который стал основным вопросом философии. Отчасти психология человека, а также другие науки о человеке дают нам ответы на этот и многие другие вопросы о нас самих. Но этих ответов недостаточно для полного понимания себя и других людей. Поэтому возникает проблема многообразия взглядов на природу человека, в силу которых происходит «насыщение темы новыми аспектами рассмотрения [1]. Продолжается поиск ответов на вопросы «кто мы» и «зачем мы существуем».

Природа человека – генетически заданные особенности поведения, мышления и склонности человека как биологического вида [2].

В данной статье рассмотрим один из взглядов на природу человека австрийского психолога и основоположник психоанализа Зигмунда Фрейда. Австрийский ученый и философ З. Фрейд, опираясь на значительный исследовательский материал по изучению неврозов, полагает, что психическая деятельность бессознательного подчиняется принципу удовольствия, а психическая деятельность подсознательного – принципу реальности. Бессознательное направляется энергией либидо, находящейся в конфликте с сознанием. Наблюдается постоянное реагирование на моральные стандарты и запреты, исходящие от окружающей социальной среды. Запреты социальной среды неминуемо наносят душевную травму индивиду, вследствие чего энергия бессознательных влечений прорывается в виде неврозов, сновидений, ошибочных действий, часто агрессивных [3].

При чрезмерном нарастании напряжения конфликтных ситуаций для индивида единственно возможным способом его преодоления становится механизм вытеснения. Те мысли, и переживания, которые признаются неприемлемыми для индивида, из

сферы сознания переходят, вытесняются в сферу подсознательного, при этом продолжая влиять на поведение индивида. Основным тезисом психоанализа Фрейда становится мысль об определяющем влиянии иррациональных психических сил на поведение и деятельность людей. Интеллект же служит не столько активному отображению окружающего мира сколько позволяет замаскировать эти иррациональные силы.

Фрейд описал трехкомпонентную модель человеческой личности: «сознательное» (эго – Я); «бессознательное» (Ид – Оно) и «предсознательное» (суперэго – Сверх-Я или Идеал Я). Фрейд полагает, что личность возвращается из бессознательной, «животной» природы. При этом животная природа никуда не исчезает, а навсегда остается в бессознательном неизменной основой для более «высокоуровневых» программ: «Я» и «Сверх-Я» [4].

Значительный мировоззренческий потенциал психоаналитической философии реализуется в форме осмысления взаимоотношений между человеком и культурой. Фрейд указывал на то, что культура основывается на принуждении и на подавлении инстинктивных импульсов. Отказаться от нравственных идеалов, произведений искусства человек нем в состоянии, и продолжает страдать. В работе «Недовольство культурой» Фрейд пишет о противоречивости положения человека, культура предстает у него как источник страданий и при этом необходимое условие жизни в обществе. Решение этой ситуации Фрейд видит в увеличении культурной значимости научного знания [5]. Опираясь на вышеуказанный тезис, Фрейд формулирует основную цель психоанализа: «Там, где было Оно, должно стать Я». В процессе достижения данной цели мы будем наблюдать освобождение культуры от религиозных представлений, несоответствующих реальности. Религию следует считать, по Фрейду, общечеловеческим неврозом, который будет в дальнейшем преодолен.

Таким образом, проанализировав философскую позицию Зигмунда Фрейда, можно сделать вывод о том, что во многом его позиция не однозначна. Фрейд пишет о могуществе и силе бессознательного одновременно, признавая торжество разума и науки. В целом созданное Фрейдом учение еще раз продемонстрировало, насколько сложным предметом философского исследования является человек. Человек, по мнению З. Фрейда, не такое разумное существо, каким его представляли философы Нового времени, поскольку он руководствуется в своем поведении чувствами и инстинктами. Многие не разделяют точки зрения известного психиатра, что справедливо, как и существование его теории, поскольку человек – сложное и многогранное существо, познать природу которого в полной мере невозможно.

Литература

1. Хакуз П.М., Гура А.Ю. О содержании понятия «проблематизация» // Общество: философия, история, культура. – 2016. – № 11. – С. 23–26.
2. Природа человека: научная статья – Психологос. Энциклопедия практической философии / [Электронный ресурс]. – 2018. – URL : <https://www.psychologos.ru/articles/view/priroda-cheloveka>.
3. Фрейд З. Толкование сновидений: очерк / [Электронный ресурс]. – 1900. – URL : https://lib-rebook.me/the_interpretation_of_dreams/vol1/1
4. Фрейд З. «Я» и «Оно» / Изд. Эксмо, 2015. – 648 с.
5. Фрейд З. Неудовлетворенность культурой / Изд. ОМКО, А.М. Рудкевич, 2014. – 120 с.

References

1. Hakuz P.M., Gura A.Yu. About the content of the concept of «problematization» // Society: philosophy, history, culture. – 2016. – № 11. – P. 23–26.
2. Human Nature: a scientific article – Psychology. Encyclopedia of Practical Philosophy / [Electronic resource]. – 2018. – URL : <https://www.psychologos.ru/articles/view/priroda-cheloveka>
3. Freud Z. Interpretation of dreams: an essay / [Electronic resource]. – 1900. – URL : https://lib-rebook.me/the_interpretation_of_dreams/vol1/1
4. Freud Z. «I» and «It» / Ed. Eksmo, 2015. – 648p.
5. Freud Z. «Dissatisfaction with culture» / Ed. OMKO, A.M. Rudkevich, 2014. – 120 p.

УДК 313.2.03

**ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ
НА СТУДЕНЧЕСКУЮ МОЛОДЕЖЬ**



**PSYCHOLOGICAL INFLUENCE
OF PHYSICAL CULTURE ON STUDENT YOUTH**

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Алейникова Софья Сергеевна

студентка группы 19 ЭБДА 1,
институт фундаментальных наук,
Кубанский государственный технологический университет
sophie.aleynikova@mail.ru

Аннотация. В представленной статье изучается психологическое влияние физической культуры на студенческую молодежь. Представлены обобщенные выводы исследований в области физической культуры, которые показывают, что регулярная физическая активность положительно влияет не только на физическое, но и на психологическое здоровье молодежи.

Ключевые слова: физическая культура, самоэффективность, мотивация к физической активности, социальная поддержка.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department
of Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Aleinikova Sofia Sergeevna

Student of group 19EBDA1,
Institute for Basic Science,
Kuban State Technological University
sophie.aleynikova@mail.ru

Annotation. The presented article studies the psychological influence of physical culture on student youth. Numerous studies show that regular physical activity has a positive effect not only on the physical, but also on the psychological health of young people. In addition, it develops qualities such as attention, self-confidence, cohesion and self-control.

Keywords: physical culture, self-efficacy, motivation for physical activity, social support.

Актуальность данной статьи заключается в том, что физическая культура является одной из самых важных средств развития жизни и социализации молодежи, так как студенческий возраст является значимым периодом наиболее активного психологического развития у молодежи.

Цель исследования заключается в рассмотрении психологического влияния физической культуры в жизни студенческой молодежи.

Физическая культура является частью общей культуры общества, объединение различных мероприятий, которые направлены на достижение человеком физического совершенствования. А именно на укрепление здоровья, развитие физических качеств, достижение спортивных результатов, поддержание физического состояния всех групп мышц и т.д. [1]. Регулярное участие в физической активности необходимо для хорошего здоровья. Активные люди с высоким уровнем физической подготовки имеют меньший риск развития различных заболеваний, приводящих к инвалидности, чем неактивные люди. Многие исследования свидетельствуют о том, что польза для здоровья от физической культуры не ограничивается физическим здоровьем, а также включает психические компоненты. Малоподвижный образ жизни является фактором развития значительных психосоциальных нарушений, возникновения или обострения медицинских заболеваний.

Занятия спортом, несомненно, положительно влияют на физическую форму и психологическое состояние молодежи. Эти преимущества касаются улучшения физической формы, равновесия и прыжковой выносливости, а также снижению ожирения и диабета и других различных тяжелых заболеваний. С психологической же точки зрения положительные аспекты влияния физической культуры связаны с поднятием самооценки, снижением тревоги и депрессии, а также оказанием благотворного воздействия на когнитивные функции, что, в свою очередь, связано с улучшением успеваемо-

сти у молодежи. Следуя этой точке зрения, систематическая и регулярная практика физической культуры считается важным фактором, положительно влиявшим на психическое здоровье участников. Физическая культура выступает в качестве ключевого фактора, способствующего благополучию и здоровью в течение всей жизни, от детства до пожилого возраста.

Самозффективность определяется как уверенность человека в своих способностях выполнять предложенные действия в конкретной ситуации. Это фактор, связанный с когнитивными навыками, ответственностью за учебные задачи, образовательными амбициями студента и его семьи [2]. Иными словами, самозффективность – вера в себя. Существует мнение, что социальная поддержка и самозффективность являются важными факторами физической активности.

Самозффективность значительно связана с инициативой участия молодежи в физической активности. Она играет решающую роль в изменении старого образа жизни и инициировании нового поведения в отношении физической активности, а также определяет, будет ли мотивация в отношении физической активности, как долго студенты будут упорствовать, сталкиваясь с аверсивными переживаниями, и сколько усилий они приложат к физической активности.

Люди с более высокой верой в себя в отношении физических упражнений, вероятно, будут участвовать в большем количестве упражнений, затрачивать больше усилий, упорствовать дольше, проявлять больший интерес к упражнениям и достигать более высоких уровней физической активности, чем те, кто сомневается в их возможности выполнения упражнений при столкновении с трудностями и препятствиями. Более того, самозффективность рассматривается как посредник между социальной поддержкой и физической активностью. Отсутствие социальной поддержки и низкая вера в себя являются двумя важными препятствиями для регулярной физической активности и качества жизни. Социальная поддержка, являющаяся предоставлением друг другу знаний, опыта, эмоциональной, социальной или практической помощи, оказывает прямое влияние на физическую активность, а самозффективность опосредует влияние на физическую активность.

Важно, что вера в себя имеет значительную связь со стрессом, социальной поддержкой, физической активностью и качеством жизни, поэтому следует принять эффективные стратегии для повышения самозффективности физических упражнений студенческой молодежи, включая уровень мастерства и навыки студентов в целом, чтобы увеличить физическую активность и улучшить качество жизни. Веры в себя можно достичь, наблюдая, как другие успешно выполняют физическую активность, и получая словесное убеждение от преподавателя, сверстников и товарищей.

Мотивация к физической активности – особое состояние личности, направленное на достижение оптимального уровня физической подготовленности и работоспособности [3].

Участие студенческой молодежи в занятиях физкультурой зависит от их мотивации к физической активности. В частности, от мотивационно-ценностного компонента, основанного на активно-положительном эмоциональном отношении к ней. Кроме того, в восприятии компетентности преподавателя, в распределении сил студентов, а также на методах решения ситуаций столкновения с неудачами. Именно эти факторы увеличивают вероятность участия в спорте, а в последствии в достижении успеха.

Все большее количество исследований указывает на эффективность программ тренировок от умеренных до интенсивных для улучшения исполнительных функций у молодежи, учитывая тесное взаимодействие между когнитивной и двигательной областями. Например, кардиотренировки развивают скорость и ловкость, а также снимают психологический стресс и напряжение. А во время футбольного матча игрокам необходимо быстро и правильно реагировать на действия товарищей по команде и противников во время игры, следить за условиями матча и стратегиями игры. Поэтому футбольные движения развивают высокоуровневые когнитивные процессы для восприятия и анализа меняющихся игровых ситуаций, принятия решений путем выбора тактических стратегий и выполнения технических и кинетических способностей, что положительно влияет на мыслительные процессы молодежи и успеваемость студентов. Все

вышесказанное в совокупности, определяет значимость физической культуры в высших учебных заведениях и определяет необходимость популяризации физической культуры среди студентов [4].

Результаты исследований. Психологические аспекты физической культуры влияют на студенческую молодежь. Людям, занимающимся любым видом спорта, будь то профессионалы или любители, полезно развивать определенные психологические инструменты. Инструменты могут помочь увеличить их возможности не только в спортивных результатах, но и в академических результатах.

Выводы. Регулярная физическая активность положительно влияет на физическое и психологическое здоровье студенческой молодежи. Занятие спортом, в частности, физической культурой, развивает внимание, уверенность в себе, контроль над стрессом, снижает беспокойство, улучшает мотивацию, учит сплоченности и самоконтролю. Физическая активность способствует благополучию индивидов.

Литература

1. Андрианов А.Ю., Кульков Я.А., Скороходов А.А. Психологические аспекты физической культуры студенческой молодежи // Научные исследования и инновации. – 2021. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologicheskie-aspekty-fizicheskoy-kultury-studencheskoy-molodezhi> (дата обращения: 10.01.2022).
2. Берман Н.Д., Берман А.Ю. Самоэффективность в обучении // Russian Journal of Education and Psychology. – 2019. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/samoeffektivnost-v-obuchenii> (дата обращения: 11.01.2022).
3. Рысюкевич Н.С. Мотивация в командных видах спорта: социологический анализ // Социологический альманах. – 2018.– № 9. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/motivatsiya-v-komandnyh-vidah-sporta-sotsiologicheskii-analiz> (дата обращения: 11.01.2022).
4. Суяргулов А.У., Крылов В.М. Физическая культура в жизни студентов // Наука и образование сегодня. – 2018. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-v-zhizni-studentov> (дата обращения: 11.01.2022).

References

1. Andrianov A.Yu., Kulkov Ya.A., Skorokhodov A.A. Psychological aspects of physical culture of student youth // Scientific research and innovations. – 2021. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologicheskie-aspekty-fizicheskoy-kultury-studencheskoy-molodezhi> (date of access: 10.01.2022).
2. Berman N.D., Berman A.Y. Self-efficacy in learning // Russian Journal of Education and Psychology. – 2019. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/samoeffektivnost-v-obuchenii> (date of access: 11.01.2022).
3. Rysyukevich N.S. Motivation in team sports: sociological analysis // Sociological almanac. – 2018. – № 9. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/motivatsiya-v-komandnyh-vidah-sporta-sotsiologicheskii-analiz> (date of access: 11.01.2022).
4. Suyargulov A.U., Krylov V.M. Physical culture in the life of students // Science and education today. – 2018. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-v-zhizni-studentov> (date of access: 11.01.2022).

УДК 796.011

ПРОБЛЕМЫ ПЕДАГОГИКИ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ



PROBLEMS OF PEDAGOGY, PHYSICAL EDUCATION

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель кафедры,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Волкова Юлия Павловна

студентка группы 19 ЭБ ДА1,
Институт фундаментальных наук,
Кубанский государственный технологический университет
juliazemskova99@gmail.com

Аннотация. В статье излагаются обоснования по выделению в педагогике физического воспитания самостоятельной науки «Спорт высших достижений» и учебной дисциплины «Теория и методика спорта высших достижений».

Ключевые слова: педагогика физического воспитания, теория и методика физического воспитания, теория и методика физической культуры, теория и методика спорта высших достижений.

Pitkin Viktor Aleksandrovich

Senior lecturer of the Department,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Volkova Yulia Pavlovna

Student of group 19 EB DA1,
Institute for Basic Science,
Kuban State Technological University
juliazemskova99@gmail.com

Annotation. The article lays out the rationale for selection in teaching physical education independent science «sports of the highest achievements» and educational discipline «Theory and methods of sports of the highest achievements».

Keywords: teaching physical education, theory and methods of physical education, theory and methods of physical culture, theory and methods of sports of the highest achievements.

Педагогика физического воспитания определилась в 50-х годах прошлого века, став относительно самостоятельной наукой, знакомой нам, как «Теория и методика физического воспитания» (ТМФВ). Относительно самостоятельной мы определяем эту науку потому, что на начальном этапе основу её составили сведения и материал из смежных наук – педагогики, психологии, физиологии, анатомии [1].

Со временем в теории и методике физического воспитания сложился собственный терминологический и методологический аппарат. Синтетическое знание смежных наук видоизменилось в собственное своеобразное знание.

Определился предмет и объект науки, методы и приемы исследований, методы и приемы обучения.

Предметом науки ТМФВ были обусловлены физические упражнения и спортивная техника множеств видов спорта. Определённая «необъятность» заявленного предмета науки привела к необходимости пересмотреть рамки предмета науки, что привело к выделению независимой науки «Теория и методика физической культуры».

На данный момент, именно данный предмет преподается в колледжах и вузах. Собственно по этому предмету написаны учебники. А что стало со спортом?

Спорт, и всё что связано со спортом – теория и методика спорта, методика исследований в спорте, специфическое целенаправленное подготовка спортивной технике; спорт, как яркое общественное явление, и многое другое, оказались в тени другой науки.

В качестве «компенсации», в курсе «Теории и методики физической культуры» преподается раздел, наименованный «Теория спорта».

Большой независимый массив знания, практики, человеческого прорыва в неведомое и рекордное, оказался на задворках науки, не став, до сих пор, наукой самостоятельной.

Конечному становлению теории и методики спорта, как самостоятельной науки, продолжительное время мешает нерешительность педагогов и ученых провести дифференциацию педагогики физического воспитания.

Во-первых, дифференцировать теорию физического воспитания на две самостоятельные отрасли – «теорию и методику физической культуры» и «теорию и методику спорта высших достижений».

Аналогичная дифференциация насущная вещь и подспудно она решена и отражена в планах и программах колледжей и вузов.

Во-вторых, необходимо быть реалистами и признать, что педагогика предметного обучения, педагогика физической культуры и педагогика спорта высших достижений – это разные отрасли знания, разные науки. Данные науки коренным образом отличаются: предметом обучения, целями и задачами обучения; формами, методами, средствами и методическими приемами обучения.

Общими для данных наук являются требования к содержанию хода обучения – научности, системности, а также дидактические принципы обучения. Вместе с тем, любая из перечисленных наук обладает особыми характерными чертами и направленностью обучения.

Направленность предметного обучения – решение образовательных и воспитательных задач [1].

Особыми, характерными чертами теории и методики физической культуры является её образовательная, воспитательная, оздоровительная, гигиеническая, коммуникативная и рекреативная направленность обучения.

Особыми, характерными чертами теории и методики спорта высших достижений является узкоспециализированная, профессиональная направленность обучения, с последующей реализацией итогов обучения в системе спортивных состязаний.

Предмет исследований общей педагогики – методология обучения, то есть, установка единых принципов, методов, приемов и способов передачи знания различных наук.

Цели и задачи исследований по общей педагогике – разработка принципов, методов, приемов и способов передачи знания различных наук единообразными, унифицированными приемами обучения; повышение качества обучения.

Общая педагогика, применительно к специфике предмета обучения в различных науках, дифференцируется на несколько видов:

- педагогика предметного обучения когнитивной направленности;
- педагогика обучения двигательной направленности;
- педагогика профессионального и военного обучения;
- педагогика обучения людей с психическими и физическими отклонениями.

Цель предметного обучения – освоение теоретического (предметного) знания, представленного в виде текстов, формул, таблиц, сводов законов и правил.

овладение знания предполагает его понимание, запоминание, воспроизведение (экзамен) и/или применение (жизнь, практика). Задачи предметного обучения – образовательные, воспитательные. Задействованные сферы обучаемого – умственная, когнитивная.

Общая педагогика и дидактические принципы обучения в большей мере ориентированы на предметное обучение больших групп учащихся, численностью 15–40 человек. При этом декларируемый дидактический принцип индивидуализации обучения реализуется лишь в малой степени.

Предметом обучения в физической культуре являются физические упражнения широкого спектра направленности, служащие общему развитию обучаемых и их рекреации, а также основы спортивной техники отдельных видов спорта без углубленного освоения (специализации) [2].

Педагогика физической культуры ориентирована на обучение больших и средних групп обучаемых, от 40 до 15–12 человек. Цели и задачи обучения.

Целями и задачами обучения в физической культуре являются:

- ознакомление со специфической разновидностью человеческой деятельности в области культуры – физическими упражнениями;
- освоение умений и практических навыков выполнения физических упражнений;
- освоение техники отдельных видов спорта;
- формирование знаний в области физической культуры;
- реализация развивающих возможностей физических упражнений в профессиональной и бытовой деятельности;
- реализация рекреативных возможностей физических упражнений и техники отдельных видов спорта в повседневной деятельности и быту.

Цели и задачи предмета «физическая культура» объемные, широкой направленности: образовательные, воспитательные, оздоровительные, гигиенические, рекреативные и коммуникативные [2].

Задействованные сферы – двигательная физическая, функциональная, когнитивная, эмоциональная.

Получаемое знание специфично. Оно выражено в двигательной деятельности обучаемых, регламентированной требованиями к спортивной технике отдельных видов спорта, технике выполнения специализированных физических упражнений.

Предметом обучения в спорте высших достижений является спортивная техника определенных видов спорта. Педагогика «спорта высших достижений» ориентирована на обучение средних и малых групп обучения – от 15–12 до 5–2 человек. Принцип индивидуализации учебы в спорте высших достижений реализуется в полном объеме.

Цели и задачи обучения в спорте высших достижений – освоение наиболее совершенных образцов спортивной техники выбранного вида спорта. Цели и задачи специализированные, профессиональные, конкретные. Конечная цель обучения – достижение высших, рекордных достижений в избранном виде спорта.

Задействованные сферы – двигательная, функциональная, когнитивная. Получаемое знание – профессиональное, узкоспециализированное.

Методы и формы обучения в общей педагогике, педагогике физической культуры и педагогике спорта высших достижений.

В *общей педагогике* – это рассказ, объяснение, показ наглядности. Форма обучения – урок. Методы обучения – словесный, наглядный, опытный, практический.

В *педагогике физической культуры* – показ, объяснение, опробование, закрепление исполнения до степени умения, реже – навыка. Форма обучения – урок, тренировка [3].

В *педагогике спорта* высших достижений – показ, объяснение, опробование, закрепление выполнения до уровня специализированных навыков. Форма обучения – урок, тренировка, специализированная тренировка, состязание (соревнование) [3].

Средства и приемы обучения

В общей педагогике ключевым средством обучения является учебный материал, представленный педагогом в виде рассказа или объяснения, а также текстовой материал, подлежащий запоминанию и последующему контрольному воспроизведению – экзамен, практика.

В педагогике физической культуры основное средство обучения – физические упражнения, подлежащие освоению и последующему воспроизведению. Воспроизведение может быть оцениваемым – сдача нормативов или зачетов, или произвольным – использование физических упражнений в профессиональных, оздоровительных или рекреативных целях.

В педагогике спорта высших достижений главное средство обучения – физические упражнения, воспроизводящие основу и детали спортивной техники конкретного вида спорта, а также ориентированные на данный вид спорта подготовительные, подводящие, специальные и специализированные упражнения.

Конечной целью обучения в спорте высших достижений является воспроизведение спортивной техники в её наиболее совершенном виде в условиях состязаний [4].

Принципы обучения

Общими для педагогики предметного обучения, педагогики физической культуры и педагогики спорта высших достижений являются общие принципы обучения – принципы научности и системности, а также дидактические принципы обучения [4].

В своё время дидактические принципы обучения были изложены для предметного обучения и до сих пор претерпели только небольшие смысловые уточнения.

Без какой-либо смысловой интерпретации они применяются в педагогике физической культуры и педагогике спорта высших достижений.

Надлежит признать как факт, что применение их в педагогике физической культуры и педагогике спорта высших достижений вполне оправданно, если рассматривать обучение в физическом воспитании, как педагогический процесс в целом.

Впрочем, процесс преподавания в физическом воспитании имеет свои особенности, а следовательно, и соответствующую интерпретацию.

Как сказано выше, особыми отличительными чертами теории и методики физической культуры являются её образовательная, воспитательная, оздоровительная, гигиеническая, рекреативная и коммуникативная направленность обучения, а особыми, отличительными чертами теории и методики спорта высших достижений является узкоспециализированная компетентная направленность обучения.

Следовательно, эти особенности и должны быть, в первую очередь, воссозданы в принципах, методах, средствах, методических приемах и формах обучения.

Применительно к вопросам физического воспитания, физической культуры и спорта высших достижений, общепедагогические дидактические принципы обучения должны быть интерпретированы в соответствии со спецификой темы обучения, целями, задачами, средствами и методами обучения в данных разделах знания, а также нынешними тенденциями развития этих наук.

В чём заключается главное отличие направленности обучения в «физической культуре» и обучения в «спорте высших достижений».

«Физическая культура» – это средство повышения качества своего здоровья с помощью физических упражнений.

«Спорт высших достижений» – это реализация потенциала своего здоровья и приобретенных профессиональных навыков за деньги (профессиональный спорт), или во имя своего реноме (любительский спорт) [3].

Литература

1. Ашмарин Б.А. Теория и методика физического воспитания : учеб. для пед. институтов. – М. : Просвещение, 1990. – 287 с. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur...> (дата девушки обращения: 18.02.2022).
2. Белинович В.В. Обучение в физическом воспитании: монография. – М. : ФиС, 1958. – 262 с. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur...> (дата навыки обращения: 18.02.2022).
3. Матвеев Л.П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты: учебник для вузов. – СПб. : Издательство «Лань», 2005. – 384 с. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur...> (дата успехи обращения 18.02.2022).
4. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры: учебник для вузов. – М. : ФиС., 2008. – 543 с. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur> (дата человека обращения 18.02.2022).

References

1. Ashmarin B.A. Theory and methodology of physical education: textbook. for pedagogical institutes. – M. : Enlightenment, 1990. – 287 p. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur ...> (date of first application: 02/18/2022).
2. Belinovich V.V. Training in physical education: monograph. – M. : FiS, 1958. – 262 p. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur ...> (date of last request: 02/18/2022).
3. Matveev L.P. General theory of sports and its applied aspects: textbook for universities. – SPb. : Publishing House «Lan», 2005. – 384 p. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur ...> (the date of the last appeal is 02/18/2022).
4. Matveev L.P. Theory and methodology of physical culture: textbook for universities. – M. : FiS., 2008. – 543 p. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur> (the date of the person's appeal is 02/18/2022).

УДК 313.2.03

ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ КАК МОДНАЯ ТЕНДЕНЦИЯ В ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ



HEALTHY LIFESTYLE AS A FASHIONABLE TREND IN THE LIFE OF STUDENTS

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель кафедры,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Дробот Татьяна Владимировна

студентка группы 20 ЭЭБ 2,
Институт экономики, управления и бизнеса,
Кубанский государственный технологический университет
tanya.drobot.01@mail.ru

Аннотация. В представленной статье рассматривается актуальная, тема здорового образа жизни как модной тенденции в жизни студентов. Здоровый образ жизни способен обеспечить восстановление, сохранение и улучшение здоровья студентов. Поэтому формирование данного стиля жизни у студентов является важнейшей социальной задачей учебных заведений Российской Федерации. В данной статье проанализированы научные труды авторов по поводу формирования моды на здоровый образ жизни у студентов, проведено исследование в формировании здорового образа жизни у студентов КубГТУ.

Ключевые слова: здоровый образ жизни, студенты, пагубные привычки, состояние здоровья.

Pitkin Viktor Aleksandrovich

Senior lecturer of the Department,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Drobot Tatiana Vladimirovna

Student of group 20 EEB 2,
Institute of Economics,
Management and Business,
Kuban State Technological University
tanya.drobot.01@mail.ru

Annotation. The article deals with the current topic of a healthy lifestyle as a fashionable trend in the life of students. A healthy lifestyle can ensure the restoration, preservation and improvement of students' health. Therefore, the formation of this lifestyle among students is the most important social task of educational institutions of the Russian Federation. This article analyzes the scientific works of the authors on the formation of fashion for a healthy lifestyle among students, conducted a study in the formation of a healthy lifestyle among students of KubSTU.

Keywords: healthy lifestyle, students, addictions, health status

Введение

Как правило, студенты не отличаются большой любовью к здоровому образу жизни, пропускают занятия по физической культуре, прибегают к быстрым перекусам вредной едой между пар, имеют никотиновую и кофейную зависимость. Все это пагубно влияет на здоровье будущих специалистов страны. Но сегодня здоровый образ жизни стал набирать большую популярность среди современной молодежи. Призыв к здоровому стилю жизни звучит из каждого информационного источника. Блогеры в социальных сетях проводят фитнес марафоны, журналы все чаще выпускают статьи о пользе правильного питания, учебные заведения читают лекции о вредных привычках и ряд прочих мероприятий, направленных на прививание здорового образа жизни молодежи.

Объектом данного исследования выступают студенты высшего учебного заведения.

Предметом исследования является факторы оказывающие негативное влияние на состояние здоровья студента.

Мероприятия, направленные на прививание здорового образа жизни современной молодежи, принесли свои плоды, студенты все чаще беспокоятся за свое здоровье и проявляют интерес к спортивным секциям. Задача руководства высших учебных заведений и преподавательского состава вуза и дальше поддерживать данный интерес молодежи.

Выделим следующий перечень вопросов, который поможет рассмотреть данную тему:

1. Рассмотреть понятие рационального питания, правильного режима труда и отдыха, вредные привычки, которые оказывают непосредственное воздействие на состояние здоровья студентов.

2. Рассмотрение причин, мешающих вести здоровый образ жизни студентам.
3. Определить взгляды современных студентов на здоровый стиль жизни.
4. Предложить перечень мероприятий, направленных на популяризацию здорового образа жизни в рядах студентов [1].

Результаты исследования

Так что же все-таки включает в себя понятие здорового образа жизни. Понятие «здоровый образ жизни» активно разрабатывалось около полувека назад представителями медицины, которые рассматривали данный феномен как поведение, направленное на сохранение и укрепление здоровья, достижение активного долголетия и обеспечение высокого уровня работоспособности на основе научно обоснованных санитарно-гигиенических нормативов. Социальный опрос студентов Кубанского государственного технологического университета показал, что большая часть опрошенных, считает, понятие здорового образа жизни включает в себе отказ от пагубных привычек и регулярные физические нагрузки. Однако понятие здорового образа жизни намного шире. Оно включает следующие аспекты:

1. Отказ от пагубных привычек – снижает поступление в организм вредных веществ и затраты на их нейтрализацию и выведение;
2. Закаливание – наилучшая тренировка иммунной и сердечно-сосудистой системы;
3. Физическая активность – позволяет поддерживать хороший тонус мышц и сердечно-сосудистой системы, служит хорошей профилактикой ожирения, нарушений работы двигательного аппарата, улучшает работу легких и ускоряет обмен веществ;
4. Здоровый сон – профилактика заболеваний нервной системы, депрессивных состояний, способствует восстановительным процессам во время отдыха;
5. Гигиена – это способ профилактики бактериальных, вирусных и грибковых инфекций, а также паразитических инвазий;
6. Экология жилищных условий – защищает от интоксикации некачественными материалами, поддерживает оптимальный уровень температуры и влажности [4];

Все вышеперечисленные понятия позволяют оставаться здоровым на протяжении долгих лет и положительно влияет на наши внешние показатели, такие как здоровый цвет лица, чистая кожа, крепкие волосы и ногтевые пластины, и прочие показатели.

Говоря о наиболее часто встречающихся среди студентов вредных привычках, можно выделить неправильное питание, курение, распитие энергетических и алкогольных напитков. Вместе с пагубными привычками студент рискует приобрести набор таких заболеваний как ожирение, сердечные заболевания, заболевания желудочно-кишечного тракта, повреждение легких и это малая часть возможных повреждений организма.

Рассмотрим более подробно самые распространённые вредные привычки молодежи и причины, которые мешают им вести здоровый образ жизни. В ходе проведенного опроса среди студентов Кубанского государственного технологического университета, был установлен следующий перечень:

1. Один из наиболее популярных ответов – никотиновая зависимость. Среди студентов от никотиновой зависимости страдают примерно 75 % юношей и до 55 % девушек [6]. На вопрос, заданный молодым людям: «Почему вы решили начать курить?», чаще всего получали ответ «за компанию с друзьями попробовали», на 2 месте стресс. Так же стоит отметить, что о вреде пассивного курения современная молодежь не задумывается. Известно, что некурящий человек, находящийся в одном помещении с курильщиком, вдыхает количество дыма, равное выкуриванию в день трех сигарет более вредного состава.

2. На втором месте приверженность к злоупотреблению алкогольных напитков. Несмотря на высокий уровень освещенности в массах данной проблемы, распитие спиртных напитков все же является в молодежных кругах популярным времяпрепровождением. Основные причины употребления алкогольных напитков по мнению опрошенных студентов, являются приятное настроение, снятие психологической напряженности, чувства усталости и стресса. Так же многие считают это отличным способом уйти от реальной жизни с её нескончаемыми проблемами [3].

3. На третьем месте неправильное питание. Молодость – время, когда постоянно куда-то нужно бежать. И конечно, в такой спешке молодым людям очень трудно найти время на полноценный здоровый прием еды, поэтому часто студенты прибегают к фастфуду. О вреде фастфуда написано много научной литературы, отметим лишь, что регулярное употребление вредной пищи на ходу, чревато ожирением, образованию камней в желчном пузыре и почках, атеросклерозу, повышению холестерина, уровня сахара в крови, гипертонии, заболеваниям печени и поджелудочной железы, язвам и гастритам.

Тем не менее взгляды молодежи в современном мире о здоровом образе жизни сильно поменялись, по сравнению с концом прошлого века. Сейчас примерно каждый третий из студентов КубГТУ, уверен, что здоровый образ жизни необходим. По мнению опрошенных студентов быть здоровым сейчас модно, престижно и необходимо для благополучной жизни. Действительно, современная мода пропагандирует здоровье и спортивную фигуру, блогеры, на которых равняется молодежь ежедневно рекламируют фитнес залы, правильное питание, звезды, окруженные роскошью, все чаще называют своим хобби тот или иной вид спорта. Все это оказывает сильное влияние на взгляд молодежи. И для того, чтобы все больше студентов меняли свое мировоззрение в сторону здорового образа жизни, нужно направить свои усилия государству, общественным организациям и СМИ. Молодое поколение должно развиваться в обществе, где поддержание здоровья, регулярные занятия спортом и отказ от вредных привычек – это неформальный закон [2].

Выводы

На основании результата исследования, можем сделать вывод, что здоровый образ жизни довольно популярное явление в современном мире среди студентов высших учебных заведений. Но в тоже время все ещё большой процент студентов придерживаются вредных привычек и пагубному образу жизни. Поэтому администрации вуза и в том числе СМИ, и государству, необходимо дальше формировать «здоровое» общество. Для этого необходимы различные стратегии и подкрепленные финансовыми средствами программы, содействующие достижению этой цели [5].

Литература

1. Перова Н.В. Здоровый образ жизни // Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины. Рекомендации ГНИЦ профилактической медицины по здоровому образу жизни и здоровому питанию. – М. : Здоровье. – 2009. – 523 с.
2. Международная организация здравоохранения Здоровое питание: план действий по разработке региональных программ в России. – Архангельск : Исток науки. – 2000. – 125 с.
3. Журавлева И.В. Здоровье подростков: социологический анализ. – М.: РАН, 2002. – 314 с.
4. Мархоцкий Я.Л. Валеология: учеб. пособие. – М. : Выш. школа, 2006. – 195 с.
5. Шухатович В.Р. Здоровый образ жизни // Энциклопедия социологии. – М. : Книжный Дом, 2003. – 512 с.
6. Чайников А.С., Куликова М.А. Взгляды молодежи на ЗОЖ.

References

1. Perova N.V. Healthy lifestyle. State Research Center of Preventive Medicine // Recommendations of the GNITS of preventive medicine on a healthy lifestyle and healthy diet. – M. : Zdorovyie. – 2009. – 523 p.
2. International Health Organization Healthy Nutrition: action plan for the development of regional programs in Russia. – Arkhangelsk : Istok nauki. – 2000. – 125 p.
3. Zhuravleva I.V. Adolescent health: a sociological analysis. – M. : RAS, 2002. – 314 p.
4. Markhotsky Ya.L. Valeology: studies. stipend. – M. : Vysh. shk, 2006. – 195 p.
5. Shukhatovich V.R. Healthy lifestyle // Encyclopedia of Sociology. – M. : Book House, 2003. – 512 p.
6. Chaynikov A.S., Kulikova M.A. Views of youth on healthy lifestyle.

УДК 313.2.03

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ СТУДЕНТОВ**



**IMPACT OF PHYSICAL ACTIVITY
ON STUDENTS' EDUCATIONAL ABILITIES**

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель кафедры,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Калайчиев Георгий Евстафьевич

студент группы 19-С-УС-1,
институт строительства и транспортной инфраструктуры,
Кубанский государственный технологический университет
geokashef@mail.ru

Аннотация. Целью этого исследования является выявление влияния физической нагрузки, на протекание образовательного процесса студентов. Безусловно, физические занятия играют важнейшую роль в развитии интеллекта. Они стимулируют мозговую деятельность, положительно влияют на когнитивные функции мозга. Данные различных исследований наглядно показывают положительную корреляцию между аэробными упражнениями и способности студентов к обучению.

Ключевые слова: физическая нагрузка, студент, когнитивные функции, успеваемость.

Pitkin Viktor Aleksandrovich

Senior lecturer of the Department,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Kalaichiev Georgy Evstafievich

Student of group 19-S-US-1,
Institute of Construction
and Transport Infrastructure,
Kuban State Technological University
geokashef@mail.ru

Annotation. The purpose of this study is to identify the impact of physical activity on the course of the educational process of students. Of course, physical activities play an important role in the development of intelligence. They stimulate brain activity, positively affect the cognitive functions of the brain. Data from various studies clearly show a positive correlation between aerobic exercise and student learning ability.

Keywords: physical activity, student, cognitive functions, academic performance.

Большинство студентов в процессе обучения, проводят свое время сидя. Многие преподаватели считают, что первостепенную роль играет задача получения академических знаний, и именно этому необходимо уделять значительную часть времени. Однако, важно понимать, что физическая активность улучшает результаты обучения. Увеличение времени, выделяемого на различные тренировки, не препятствует образовательному процессу, а наоборот способствуют улучшению академической успеваемости.

В рамках исследования «Зажги себя» Дж. Рети, а также ряда других исследователей, было доказано, что физические упражнения приносят пользу телу и, что более важно, мозгу [1]. По мере обучения, синапсы в мозгу соединяются и перестраиваются. Возникает явление «нейропластичности».

Нейропластичность – важная особенность нервной системы, которая может видоизменяться в ответ на окружающее воздействие. Исследования показывают, что физические упражнения помогают устанавливать новые нейронные связи, а также обеспечивают постоянное поступление кислорода и глюкозы в мозг, что обеспечивает его питание. Можно сделать вывод, что способность студентов к обучению растет при физических нагрузках. Таким образом, важной частью образования должно быть правильно организованная физическая активность, а также увеличение возможностей для двигательного опыта на протяжении дня.

В трудах Э. Хоуи говорится о том, что физически активные люди более сосредоточены, лучше подготовлены к образовательному процессу, менее отвлечены и эмоционально устойчивы [2]. В результате эксперимента было выявлено, что упражнения лучше всего влияют на когнитивные функции, когда их продолжительность превышает десять минут и приносят максимальную пользу при продолжительности двадцать ми-

нут. **Когнитивные функции** – это любой психический процесс, лежащий в основе обучения, например, бдительность, концентрация, внимание, настроение, мотивация, прогнозирование, последовательность, упорядочение, фокус, память и планирование.

Исследования Р. Аткинсона также подтверждают, что физическая активность улучшает когнитивные функции [3]. На практике, физические упражнения повышают обучаемость студентов за счет увеличения кровотока. Происходит насыщение кислородом глюкозой мозга, который в процессе работы использует около 20 % всей глюкозы, поступающей в организм. К гиппокампу, части центральной нервной системы, выполняющую функцию кратковременной памяти и переводящую информацию в долговременную память, доставляется большой объем крови. Это позволяет мозгу получать больше энергии, необходимой ему для выполнения когнитивных задач.

Наряду с этим исследования, Рэти и Хагерман ссылаются на группу исследователей в 2004 году, которая провела обширный обзор более 850 исследований по влиянию физической культуры на образовательный процесс. Большинство исследований пришли к выводу, что 30–45 минут умеренно-интенсивных упражнений от трех до пяти дней в неделю наиболее эффективны в процессе обучения. Рэти и Хагерман также пришли к выводу, что упражнения влияют на память, поведение и концентрацию.

Другое тематическое исследование, проведенное Джоном Рэти в Нейпервилле, штат Иллинойс, подтверждает корреляцию между физической подготовкой и улучшением успеваемости учащихся. Ученики 203 района Нэпервилля стали ярким примером взаимосвязи между уровнем физической подготовки и успеваемостью. Этот район занял первое место по естественным наукам, опередив Сингапур, и шестое по математике в конкурсе Trends in International Mathematics and Science. В этом округе существуют специальные образовательные программы, включающие в себя поддержание физической формы студентов.

Длительные упражнения по-разному влияют на мозг, влияние оказывают усилия, прилагаемые во время физического упражнения. В трудах П. Томпровского говорится о том, что интенсивные упражнения помогают мыслить более ясно, а также они повышают умственную активность [5]. Активные физические упражнения облегчают работу мозга и подготавливают его к оптимальному усвоению информации и ее обработке. Люди выполняют когнитивные задачи быстрее и эффективнее. Задачи исполнительской функции по планированию, иницированию и мониторингу действий также даются легче. Физическая нагрузка увеличивает возможности получить доступ к тем когнитивным ресурсам, которые необходимы для максимального внимания.

Х. Лиамом было проведено исследование, направленное на дальнейшее изучение связи физических упражнений и внимательности студентов на занятиях. Его цель состояла в том, чтобы исследовать, влияет ли увеличение физического упражнения в течение учебного дня повлияли на когнитивные способности. Было проведено перекрестное двухнедельное исследование с участием 1224 молодых в возрасте 18–21 года. Результаты исследования приводят нас к выводу, что упражнения действительно улучшают когнитивные функции.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что физическая активность улучшает когнитивные функции и способствует благополучию индивида. Исследования постоянно сообщают о пользе физической активности для когнитивных функций. Упражнения улучшают функции мозга за счет увеличения кровотока, усвоения белков и общего состояния здоровья инфраструктуры головного мозга. Исследования также показали, что существует сильная корреляция между успеваемостью учащихся и их физической активностью.

Литература

1. Рэйти, Дж.Дж., Хагерман, Э. Spark : новая революционная наука о физических упражнениях и мозге. – Нью-Йорк : Литтл, Браун. – 2008.
2. Хоуи Э., Шац Дж., Пейт Р. Острое влияние перерывов на упражнения в классе на исполнительную функцию и успеваемость по математике: исследование доза-реакция // Ежеквартальное исследование по упражнениям и спорту. – 2015. – № 86 (3). – С. 217–224.

3. Аткинсон Р. Улучшает ли физическая активность академическую успеваемость? // Журнал физического и санитарного просвещения. – 2004. – № 80 (4). – С. 22–23.
4. Тренировка внимания на уроке / Х. Лайам [и др.] // Медицина развития и детская неврология. – 2010. – № 52 (10). – С. 929–934.
5. Томпоровский П. Упражнения и детский интеллект, познание и успеваемость // Обзор психологии образования. – 2008. – № 20 (2). – С. 111–131.

References

1. Ratey J.J., Hagerman E. Spark: The revolutionary new science of exercise and the brain. – NY : Little, Brown. – 2008.
2. Howie E., Schatz J., Pate R. Acute effects of classroom exercise breaks on executive function and math performance: A dose-response study // Research Quarterly for Exercise and Sport. – 2015. – № 86 (3). – P. 217–224
3. Atkinson R. Does physical activity improve academic performance? // Physical and Health Education Journal. – 2004. – № 80 (4). – P. 22–23
4. Exercising attention within the classroom / H. Liam [et al.] // Developmental Medicine and Child Neurology. – 2010. – № 52 (10). – P. 929–934
5. Tomporowski P. Exercise and children's intelligence, cognition and academic achievement // Education Psychology Review. – 2008. – № 20 (2). – P. 111–131.

УДК 796.05

СОЦИАЛИЗАЦИЯ СТУДЕНТОВ НА ЗАНЯТИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ В ВУЗЕ



SOCIALIZATION OF STUDENTS IN PHYSICAL EDUCATION CLASSES AT THE UNIVERSITY

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Кандюрин Никита Алексеевич

студент группы 20-НБ-ТТ1,
институт нефти газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
nikita.kandyurin@mail.ru

Аннотация. Автором выявлены критерии, позволяющие оценить эффективность социализации на занятиях физической культурой в высших учебных заведениях. Проведен анализ и обобщение используемых в целях дополнения данной работы документальных материалов. Проведён социальный опрос студентов, позволяющий определить главный критерий социализации. Сделан вывод, что занятия физической культурой оказывают влияние на состояние здоровья и личные качества студента. Эти аспекты, в свою очередь, являются составными критериями понятия социализации.

Ключевые слова: социализация, физическая культура, личность, студент.

Pitkin Viktor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department
of Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Kandyurin Nikita Alekseevich

student of group 20-NB-TT1,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
nikita.kandyurin@mail.ru

Annotation. The author has identified criteria that allow assessing the effectiveness of socialization in physical education classes in higher educational institutions. The analysis and generalization of the documentary materials used to supplement this work has been carried out. Conducted a social survey of students, allowing to determine the main criterion of socialization. It is concluded that physical education classes have an impact on the state of health and personal qualities of a student. These aspects, in turn, are the constituent criteria of the concept of socialization.

Keywords: socialization, physical culture, personality, student.

Введение

На сегодняшний день физическая культура, является неотъемлемой частью системы образования. Физическая культура, как дисциплина, занимает важное место в сфере образования, как предмет оказывающий обширное влияние как на физическое состояние человека, так и на общественное развитие в целом. Личность формируется в процессе общественной жизни: в учебе, в работе, в общении с людьми. Физическая культура и спорт способствуют формированию всесторонне развитой личности. Стоит также отметить, что именно физическое воспитание ответственно за формирование здорового образа жизни, который является фундаментом к будущим продвижениям человека [5, 1].

Можно выделить 3 основных аспекта влияния физической культуры, как источника социализации:

1. Нравственное воспитание. На занятиях, тренировках и особенно во время спортивных соревнований воспитанники переносят большие физические и умственные нагрузки: быстро меняющиеся ситуации, сопротивление соперника, зависимость результата спортивных соревнований от усилий каждого члена команды, умение подчиняться, их интерес должен соответствовать интересам команды, строгое соблюдение определенных правил, уважительное отношение к сопернику. Все это способствует формированию таких черт характера, как сила воли, смелость, самообладание, решительность, уверенность в себе, выдержка и дисциплина [1, 2].

2. Психологическое воспитание. На занятиях физической культурой и спортом студенты получают знания о рациональных способах выполнения двигательных дей-

ствий, об использовании приобретаемых навыков в жизни, изучают правила закаливания организма, обязательные требования гигиены [5, 1, 2]. Развивается наблюдение, внимание, восприятие, повышается уровень устойчивости умственной деятельности.

3. Трудовое воспитание. Настройка физического воспитания в каждом образовательном учреждении во многом определяет степень готовности каждого выпускника к работе по специальности. Суть трудового воспитания заключается в планомерном развитии качеств и свойств личности, определяющих подготовку человека к жизни, к общественно-полезному труду [1, 3, 2].

Результаты исследования

Так что же из себя представляет социализация, и насколько сильно она развивает личные качества и оказывает влияние на общественное становление личности? Социализация представляет собой процесс становления человека, как важной общественной единицы личности.

С целью определить основные критерии социализации студентов, на которые оказывает влияние физическая культура, авторами работы был проведен социальный опрос 30 студентов КубГТУ.

Таблица 1 – результаты опроса студентов

Критерий:	Принцип влияния:	Процент среди студентов:
1. Уверенность в собственных силах	ФК, как предмет, дает возможность каждому студенту добиться определенных успехов и результатов, что положительно сказывается на осознании себя, и своих возможностей	14 % (4 студента)
2. Самоорганизация и самоконтроль	Физкультура способна повысить уровень дисциплины и самоорганизации студентов, путем получения определенной задачи, и ее выполнения при условии соблюдения всех правил и норм	20 % (6 студентов)
3. Улучшение навыков общения и взаимодействия между студентами	Возможность постоянного общения и взаимодействия с одноклассниками и преподавателем в ходе занятий	40 % (12 студентов)
4. Общественная значимость	Обширная сфера влияния как внутри ВУЗа так и за его пределами. Возможность оказать действительно значимое влияние на личность	26 % (8 студентов)

По данным таблицы явно видно, что физическая культура, как дисциплина оказывает влияние на основные критерии, которые в последствии будут формировать личность студента в процессе обучения в ВУЗе. Таким образом, можно говорить о том, что физическая культура действительно является одним из реальных источников социализации.

Заключение

Подводя итоги настоящему исследованию, хотелось бы сформулировать вывод. Стоит отметить, что студенты считают учебную дисциплину по физической культуре неотъемлемой частью образовательной программы [5]. Этот факт подкреплен тем, что результаты исследования авторами работы по данной тематике, говорит о том, что физическая культура – один из основных рычагов управления и воспитания в студентах определенных качеств, и навыков общения, что в свою очередь является необходимым фундаментом для становления личности [2, 3].

Литература

1. Апциаури Л.Ш. «Спорт как социальное явление и фактор социализации личности». Теория и практика физической культуры // Научно-теоретический журнал № 1. – 2003.
2. Айвазова Е.С., Селиванов О.И., Прядченко В.В. Социализация студентов средствами физической культуры и спорта в процессе физического воспитания в вузе // Ученые записки П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 1.

3. Чапкович Ж.А., Ревякина В.И. «Профессиональная социализация студентов в процессе физического воспитания»: Теория и практика // Вестник Томского гос. университета. – 2017. – № 420.
4. Взаимосвязь физической культуры личности с самоорганизацией двигательной деятельности / В.А. Питкин [и др.] // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2016. – С. 301–315.
5. Питкин В.А., Тюпенькова Г.Е., Ворошилова Г.Е. Физическая культура в жизни студента // Проблемы современного педагогического образования. – 2019. – № 62–2. – С. 209–211.

References

1. Aptsiauri L. Sh. «Sport as a social phenomenon and a factor of personality socialization». Theory and practice of physical culture // Scientific and theoretical journal № 1. – 2003.
2. Aivazova E.S., Selivanov O.I., Pryadchenko V.V. Socialization of students by means of physical culture and sports in the process of physical education at the university // Uchenyeyapiski P.F. Lesgaft. – 2018. – № 1.
3. Chapkovich Zh. A., Revyakina V. I. «Professional socialization of students in the process of physical education»: Theory and practice // Bulletin of the Tomsk State University. – 2017. – № 420.
4. Interrelation of physical culture of personality with self-organization of motional activity / V.A. Pitkin [et al.] // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2016. – P. 301–315.
5. Pitkin V.A., Tyupenkova G.E., Voroshilova G.E. Physical culture in the life of a student // Problems of modern teacher education. – 2019. – № 62–2. – P. 209–211.

УДК 796.062.4

АДАПТАЦИЯ ОРГАНИЗМА К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ У СТУДЕНТОВ



ADAPTATION OF THE BODY HEALTHY TO PHYSICAL EXERTION IN STUDENTS

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Кудымов Марк Михайлович

студент группы 19 ЭБ ДА1,
институт фундаментальных наук,
Кубанский государственный технологический университет
kudymov.mark@mail.ru

Аннотация. В представленной статье изучается особенности адаптации к физическим нагрузкам у студентов. Представлены обобщенные выводы исследований в области физической культуры, которые показывают, что регулярная физическая активность положительно влияет на адаптацию к физическим нагрузкам у организма.

Ключевые слова: адаптация, адаптация к физическим нагрузкам, физиологические особенности адаптации.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer field of the Department
of Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Kudymov Mark Mikhailovich

Student of group 19 EB DA1
Institute for Basic Science
Kuban State Technological University
kudymov.mark@mail.ru

Annotation. In the presented article, the peculiarities of adaptation to physical exertion in students are studied. The generalized conclusions of research in the field of physical culture are presented, which show that regular physical activity has a positive effect on the adaptation to physical exertion in the body.

Keywords: adaptation, adaptation to physical exertion, physiological features of adaptation.

Актуальность данной статьи заключается в том, что изучение физиологических особенностей организма студентов разных курсов и их адаптация к физическим нагрузкам, помогает определить значимость занятия спортом в студенческие годы.

Цель исследования заключается в изучении адаптационных резервов сердечно-сосудистой и дыхательной систем, что лимитирует физические возможности организма студентов.

Любой человек на разных возрастных этапах своей жизни может захотеть начать заниматься спортом и зачастую люди начинают заниматься спортом только в студенческие годы, 18–22 года. А в этом возрасте сделать это уже сложнее, и требуется более длительная адаптация.

Адаптация – процесс приспособления индивидуума к изменяющимся условиям окружающей среды.

Адаптацией можно управлять, то есть способствовать повышению выносливости своего организма. Физическая нагрузка оказывает большое влияние на общее состояние [1].

Адаптация организма к физической нагрузке – это приведение функций организма в соответствии с потребностями спортивной деятельности.

Существует три механизма адаптаций:

- 1) пассивный путь адаптации – по типу толерантности, выносливости;
- 2) адаптивный путь действует на клеточно-тканевом уровне;
- 3) резистентный путь – сохраняет относительное постоянство внутренней среды.

Адаптационные реакции человеческого организма осуществляется в два этапа:

- 1) начальный этап срочной адаптации;
- 2) этап совершенной долговременной адаптации.

Срочная адаптация – это приспособительные изменения, ответ организма на однократное воздействие тренировочной нагрузке. Срочная адаптация возникает непосредственно после начала действия раздражителя. Отличительной чертой сроч-

ной адаптации является то, что деятельность организма протекает на пределе его возможностей при почти полной мобилизации физиологических резервов [2].

Долговременная адаптация – это приспособительные изменения, которые возникают под влиянием регулярно повторяющихся внешних воздействий. Она возникает постепенно, развивается на основе многократной реализации срочной адаптации. Долговременная адаптация характеризуется тем, что в ответ на ту же самую нагрузку не возникает резких изменений в организме. Устанавливается устойчивая координация между циклами двигательных реакций и дыхания.

При систематическом повторении тренировочных воздействий развивается стадия перестройки, переходящая затем в стадию тренированности.

1. если раздражитель слабый – развивается реакция тренированности;
2. если средний – реакция активации (состояние нервной системы, характеризующее уровень ее возбуждения и реактивности);
3. если сильный – стресс.

Стоит отметить, что для результативных занятий физической культурой, перед занятиями следует проводить функциональные пробы среди студентов. Данные функциональные пробы позволяют определить и оценить физическую подготовленность студентов [3].

На сегодняшний день, имеется большое количество функциональных проб, позволяющих в полной мере определить готовность студентов к физическим нагрузкам. Например, функциональная проба с приседаниями. Перед занятиями физической культурой измеряют пульс студентов, после чего они выполняют, к примеру, 20 приседаний, после чего снова производится измерение пульса. Затем результаты функциональной пробы сравниваются с нормативами возраста студентов, например в 20 лет норма частоты пульса у студента составляет 70 уд./мин. [4].

На основе проведенных функциональных проб обычно делается заключение по группе студентов и выявляется состояние сердечно-сосудистой системы.

Малоподвижный образ жизни является одной из главных причин развития хронических заболеваний. При этом ухудшается умственная работоспособность, происходят отрицательные изменения в центральной нервной системе, снижаются функции внимания, мышления, памяти. В процессе обучения у молодежи следует постоянно вырабатывать навыки здорового образа жизни и формировать интерес к занятиям физической культурой и спортом.

В Российской Федерации пристальное внимание уделяется формированию концепции специального образования. Его усовершенствование согласно праву признано значимым приоритетным курсом в образовательном пространстве нашей страны в процессе интеграции инвалидов и лиц с особенностями психофизического развития (ОПФР) в социум. При этом значимым положительным образовательно-коррекционным компонентом выступает адаптивно-физический уровень культуры, нацеленный в предельно допустимое интеллектуальное и физическое развитие лиц [5].

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 [6].

Таким образом, физическое воспитание, в современной среде, выступает мощным инструментом для поддержания и состояния здоровья, развития духа и силы воли. Студенты высших учебных заведений должны четко понимать и осознавать важность данного предмета, а для этого следует проводить мотивирующие мероприятия и мероприятия соревновательного характера, разрабатывать новые методики, осуществлять показательные мероприятия.

Литература

1. Беланов А.Эл., Федюкин А.В., Федюкина В.Г. Физиологические особенности адаптации к физическим нагрузкам студентов разных курсов // Научные исследования и инновации. – 2021. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskie-osobennosti-adaptatsii-k-fizicheskim-nagruzkam-studentov-raznyh-kursov> (дата обращения: 14.02.2022).

2. Вовк В.М., Приймак А.Ю. Адаптация и закономерности её влияния на процесс преемственности здорового образа жизни старшеклассников и студентов первого курса // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of students physical training and sports. – 2019. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-i-zakonomernosti-eyo-vliyaniya-na-protsess-preemstvennosti-zdorovogo-obraza-zhizni-starsheklassnikov-i-studentov-pervogo> (дата обращения: 14.02.2022).
3. Королинская С.В. Влияние физического воспитания на уровень адаптации студентов к учебной деятельности // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training presented and sports. – 2018. – № 9. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-fizicheskogo-vospitaniya-na-uroven-adaptatsii-studentov-k-uchebnoy-deyatelnosti> (дата обращения: 15.02.2022).
4. Мезер Т.А., Мартыненко Н.В. Физическая культура в жизни студентов // Наука и образование сегодня. – 2018. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-v-zhizni-studentov> (дата обращения: 15.02.2022).
5. Питкин В.А. Проблемы и перспективы развития адаптивной физической культуры // Конференция: Актуальные вопросы реабилитации, лечебной и адаптивной физической культуры и спортивной медицины. – 2018. – URL : https://uralgufk.ru/sites/default/files/news/files/Materialy_konferencii_UralGUFK-2018.pdf (дата обращения: 16.02.2022).
6. Питкин В.А., Синько О.В., Тюпенкова Г.Е. Роль адаптивной физической культуры в развитии личности студентов вуза. – 2021. – № 2. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2021/2-2021?id=2607> (дата обращения: 16.02.2022).

References

1. Belanov A.El., Fedyukin A.V., Fedyukina V.G. Physiological features of adaptation to physical exertion of students of different courses // Scientific research and innovation. – 2021. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologicheskie-osobennosti-adaptatsii-k-fizicheskim-nagruzkam-studentov-raznyh-kursov> (date of access: 02/14/2022).
2. Vovk V.M., Priymak A.Yu. Adaptation and patterns of its influence on the process of continuity of a healthy lifestyle of high school students and first year students // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of students physical training and sports. – 2019. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptatsiya-i-zakonomernosti-eyo-vliyaniya-na-protsess-preemstvennosti-zdorovogo-obraza-zhizni-starsheklassnikov-i-studentov-pervogo> (date of access: 02/14/2022).
3. Korolinskaya S.V. The influence of physical education on the level of adaptation of students to educational activities // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of students physical training and sport. – 2018. – № 9. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-fizicheskogo-vospitaniya-na-uroven-adaptatsii-studentov-k-uchebnoy-deyatelnosti> (date of access: 02/15/2022).
4. Suyargulov A.U., Krylov V.M. Physical culture in the life of students // Science and education today. – 2018. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-v-zhizni-studentov> (date of access: 11.01.2022).
5. Pitkin V.A. Problems and prospects of adaptive physical culture development // Conference: Topical issues of rehabilitation, therapeutic and adaptive physical culture and sports medicine. – 2018. – URL : https://uralgufk.ru/sites/default/files/news/files/Materialy_konferencii_UralGUFK-2018.pdf (date of access: 02/16/2022).
6. Pitkin V.A., Sinko O.V., Tyupenkova G.E. The role of adaptive visual culture in the development of the personality of university students. – 2021. – № 2. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2021/2-2021?id=2607> (date of access: 02/16/2022).

УДК 796.011

**ФОРМИРОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ МОТИВАЦИИ
К ЗАНЯТИЯМ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ У ДЕВУШЕК**



**FORMATION AND INCREASE OF MOTIVATION
FOR PHYSICAL EDUCATION AMONG GIRLS**

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
Тел.: +7(918) 123 88 99
irvik25@mail.ru

Павлова Анна Дмитриевна

студентка группы 19 ЭБ ДА1
Институт фундаментальных наук,
Кубанский государственный технологический университет
Тел.: +7(918) 642 98 84
pawlowa.anna.pavlova@yandex.ru

Аннотация. В современном обществе физическая культура и спорт занимают важнейшее место в формировании личности студенческой молодежи. Немаловажной проблемой является формирование мотивации к занятиям спортом у студентов для развития здорового образа жизни.

Ключевые слова: физическая культура, здоровье, мотивация занятиями физической культурой, молодежь, мотив.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of
Physical Education and Sports
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Pavlova Anna Dmitrievna

Student of group 19 EB DA1
Institute for Basic Science
Kuban State Technological University
pawlowa.anna.pavlova@yandex.ru

Annotation. In modern society, physical culture and sports occupy an important place in the formation of the personality of students. An important problem is the formation of motivation for sports among students for the development of a healthy lifestyle.

Keywords: physical culture, health, motivation for physical education, youth, motive.

Актуальность данной статьи заключается в гармоничном развитии мотивации у девушек к занятиям физической культурой. Большое значение приобретает содержание уроков физической культуры: знания и умения, связанные с организацией самостоятельных форм, принципов и правил занятий физическими упражнениями с оздоровительной направленностью.

Цель исследования заключается в оценивании эффективности методики физкультурно-оздоровительных занятий основанных на использовании оздоровительной аэробики и учете соматических особенностей девушек.

Проблема формирования здорового образа жизни и укрепления здоровья остается важной и актуальной во все времена. И можно с уверенностью сказать, что немаловажную роль занимает формирование мотиваций к занятию физической культурой и спортом. Всем известно, что в настоящее время здоровье молодежи, по статистике, ухудшается как из-за экологических, так и из-за социальных проблем в обществе.

Мотивация – это побуждение к действию; психофизиологический процесс, который управляет поведением человека, способный задавать его направленность, организацию, активность и устойчивость; умение человека удовлетворять собственные потребности.

Мотивы посещения занятий физической культуры у студентов могут быть различны: в основном, те студенты, которые довольны занятиями, ходят на них ради своего физического развития и укрепления здоровья, а те, кто не удовлетворен – посещают их ради зачетов и чтобы избежать неприятностей из-за прогулов и долгов.

Мотивы занятий физической культурой и спортом можно разбить на две группы: внутренние и внешние мотивы.

Внешние мотивы, не связанные с содержанием деятельности, к которой они побуждают, бывают, как правило, социальными. К ним относятся стремление к самоутверждению, приобретению уважения со стороны старших и сверстников; стремление к общению с товарищами по учебной группе; стремление заниматься полезным, социально значимым делом.

Внутренние мотивы – это стремление освоить новые знания и навыки, стремление к самосовершенствованию. Одним из методов формирования мотивации занятий у девушек является развитие и закрепления интереса в учебной группе. Совместное посещение занятий, соревнования друг с другом в форме игр и эстафет вызывающих положительные эмоции (например, поздравление с днем рождения, поощрение отличившихся в тех или иных групповых делах), повышает значимость группы для девушек, закрепляет желание заниматься в ней. Важно, чтобы все девушки находили себя в группе – источник положительных эмоций. Поэтому целесообразно, подводя, стимулировать их к продолжению занятий. Подбор критериев, по которым делается оценка успехов занимающихся, позволяет сформировать у них систему ценностей и нравственных норм, регулирующих их отношение к выполнению тренировочных заданий, к учителю, к товарищам, к спортивному инвентарю. Очень важным фактором, способствующим повышению интереса девушек к занятиям физической культурой и спортом, является личность учителя, присущий ему стиль общения. Внимательное, заинтересованное отношение к занимающимся – это один из наиболее верных путей приобщения их к занятию спортом [3].

Укреплению мотивации занятий способствует включение в тренировки игровых элементов, вызывающих у занимающихся положительные эмоции. Целенаправленный подбор игр дает возможность не только вызывать у занимающихся интерес к занятиям, но и развивать необходимые двигательные качества, свойства психики. Большой обучающийся потенциал имеют, например, психотехнические игры, развивающие внимание, самоконтроль, помехоустойчивость. Упрочению мотивации занятий способствует расширение знаний о различных видах спорта, его истории, прикладном значении, о выдающихся спортсменах. Проведение бесед об известных спортсменах, составление альбомов с вырезками из газет и журналов, обсуждение важных спортивных событий текущего сезона, посещение соревнований, просмотр по телевидению с последующим обсуждением включает занимающихся занятий внимание спорта, вызывает желание приобщиться к нему. На развитие внутренней мотивации, стремление освоить технику движений направлен такой прием, как постановка конкретных целей и наглядное подведение итогов работы. Занимающиеся активизируют конкретные цели, достижимые в достаточно короткий промежуток времени. Сообщив девушкам о целях работы на ближайших занятиях, необходимо по крайней мере один раз в неделю подводить итоги работы. Желательно, чтобы и постановка целей, и фиксация результатов имели форму, привлекающую внимание занимающихся, вызывающую их интерес [1].

Если работа над развитием мотивации ведется последовательно и целенаправленно, она обязательно дает положительные плоды: девушки перестают пропускать занятия; проявляют к ним активный интерес, охотно и полностью выполняют задания учителя.

Успех работы учителя над развитием самооценки зависит от того, насколько он обеспечивает занимающихся оценочной информацией содержательного характера, создавая на занятиях ситуации, когда занимающиеся должны оценивать собственную работу и сопоставлять свои оценки с оценками других. Для того, чтобы они не теряли интерес к таким заданиям, необходимо разнообразить их, вводя, по возможности, игровые элементы. Можно с этой целью проводить соревнования на точность самооценки выполнения изучаемых упражнений. Чтобы усилить интерес к работе по развитию самооценки, необходимо обратить внимание на ее важность: кто точно знает свои возможности. Учителю, работающему над развитием самоконтроля и самооценки, следует проявлять терпение, потому что желаемые результаты появляются не сразу. Улучшение самоконтроля и самооценки отличается лишь через несколько месяцев целенаправленной работы над их развитием. При доминировании внутренних мотивов у обучающихся наблюдается выраженный интерес к способам выполнения деятельности, детальное планирование, тщательность в работе, творческий подход к делу. Доминирование внешней мотивации проявляется в ориентации на конечный результат, в схематичности планирования, в отсутствии интереса к способам выполнения действий, которые осваиваются.

Многие данные свидетельствуют в пользу внутренней мотивации, связанной с удовлетворением от процесса деятельности и от совершенства с ней. Существуют многочисленные свидетельства большой продуктивности внутренней мотивации в процессе обучения девушек.

В исследованиях Л.М. Фридмана показано, что внутренняя познавательная мотивация формирует познавательную активность девушек, побуждает их к творчеству, что в конечном счете выливается в высокую эффективность обучения в школе. Важно и то, что вовлечение девушек в познавательную деятельность, побуждаемую внутренними мотивами, в отличие от природной системы обучения, ориентированной на внешние оценки – отметки, снижает вероятность негативных эмоций: страха плохой оценки, неодобрения старших, тревожность, неуверенности в себе. Внешняя мотивация чаще всего имеющая лично-пристижный характер, порождает соперничество, эмоциональную напряженность, отвлекает от содержательной стороны деятельности.

В спортивной психологии в исследованиях регулирующего влияние внутренней и внешней мотивации получены данные, близкие к тем, которые получены в психологии обучения. В них подтверждается более оптимальное влияние на занятия спортом, внутренней мотивации [2].

Разновидностью внутренней мотивации является мотивация компетентности, которая проявляется в стремлении к эффективному взаимодействию с окружающим миром, в стремлении оценить и расширить свои возможности в этом отношении.

Концепция мотивации компетентности развита была предложена Р.В. Вайтом. Он утверждает, что побуждением к взаимодействию человека с окружающей средой, может быть не только стремление к получению определенного полезного результата, но и желание пережить опыт взаимодействия с окружающей средой, узнать, в какой мере человек может воздействовать на нее, достичь эффективного взаимодействия со средой.

Р.В. Вайт выделяет несколько видов компетентности: физическую, интеллектуальную, эмоциональную, социальную, духовную. Выражением физической культуры является хорошее скоростно-силовые качества, координация движений, быстрота реакции, точность ощущений, совершенство двигательных навыков. Иногда происходит переоценка значимости физической культуры для занимающихся, что тормозит их развитие, из-за невнимания учителя к эмоциональным и интеллектуальным факторам физического развития и навыков социального взаимодействия.

Интеллектуальная культура проявляется в спорте в тактическом мастерстве, способности быстро «схватывать» существенные элементы тактических ситуаций, в совершенстве реализации тактических замыслов.

Эмоциональная культура заключается в эмоциональной зрелости, способности справляться с негативными эмоциями, использовать мобилизующее действие эмоций для улучшения спортивных результатов. Эмоционально компетентные люди стабильны, уверены в себе, хладнокровны в то время как эмоционально некомпетентные проявляют склонность к негативным эмоциям, обвинениям.

Признаком социальной культуры следует рассматривать эффективное взаимодействие с другими людьми в общении и в совместной деятельности, способность быть частью группы, вносить моральный, коммуникативный и деловой вклад в групповую жизнь, способствовать достижению групповых целей.

Духовную, или моральную компетентность Р.В. Вайт охарактеризует как способность ценить моральные принципы, философски относиться к успехам и неудачам, выходить за рамки эгоистических целей, интересоваться общечеловеческими проблемами.

Сильное доминирование внешней мотивации может снизить стремление к мастерству, а доминирование внутренней мотивации может привести к утрате стремления к соперничеству, к участию в соревнованиях. Поэтому оптимальная структура спортивной мотивации должна отличаться разумным балансом внутренних и внешних мотивов.

Мотивация достижений – это относительно устойчивое стремление к успеху в различных видах деятельности. Мотивация достижения была подробно исследована П.М. Фридманом, И.Ю. Кулагиной, В.Н. Мясичевым. Характерными проявлениями мотивации достижения в поведении являются:

– стремление человека сравнивать себя с другими по принятым для данного вида деятельности критериям;

– готовность взять на себя добровольно дополнительную ответственность, чтобы увеличить собственный вклад в достигаемые результаты и удовлетворение от успеха;

– предпочтение ситуации умеренного риска, когда успех достаточно вероятен, хотя его достижение требует мобилизации усилий;

– стремление вносить в любую деятельность усердие, способствующие достижению успеха;

– предпочтение ситуаций, когда успех является следствием собственных усилий, а не удачи, благоприятного стечения обстоятельств.

Стремление к достижениям представляет собой две мотивационные тенденции. Стремление к успеху и стремление избежать неудачи. Они могут по-разному соотноситься у конкретного спортсмена, что проявляется в некоторых особенностях поведения [4].

Спортсмены с выраженной ориентацией на избежание неудачи отличаются тревожностью, эмоциональной нестабильностью, чувствительностью к угрозе, не реалистичностью в постановке целей. Они часто выбирают либо очень легкие, либо чрезмерно высокие цели. В первом случае легкость цели снижает вероятность неудачи, во втором можно снять с себя ответственность за неудачу, объяснив ее сложностью цели. Люди, ориентированные на избежание неудачи, приписывают свои успехи удаче, случаю, а не собственным усилиям. Это делает их неуверенными в себе, вызывает у них чувство собственной беспомощности.

Литература

1. Абрамова Г.С. Нравственный аспект мотивации учебной деятельности подростков // Вопросы психологии. – 1997. – № 6. – С. 16–20. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur...> (дата обращения: 20.01.2022).
2. Горская Г.Б. Психологическое обеспечение многолетней подготовки спортсменов. Учебное пособие. – Краснодар, 1995. – С. 31–38, 49–55, 131–133, 164–167. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur...> (дата обращения: 20.01.2022).
3. Немов Р.С. Психология – М. : Просвещение, 1994. – 219 с. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur...> (дата обращения 21.01.2022).
4. Губа В.П., Морозов О.С., Парфененков В.В. Научно-практические и методические основы физического воспитания учащейся молодежи. – М. : Советский спорт, 2008. – 206 с. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur> (дата обращения 21.01.2022).

References

1. Abramova G.S. Moral aspect of motivation of educational activity of teenagers // Questions of psychology. – 1997. – № 6. – P. 16–20. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya_kultur... (date of application: 20.01.2022).
2. Gorskaya G.B. Psychological support of long-term training of athletes. Study guide. – Krasnodar, 1995. – P. 31–38, 49–55, 131–133, 164–167. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya_kultur... (date of address: 20.01.2022).
3. Nemov R.S. Psychology – M. : Education, 1994. – 219 p. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur...> (accessed 21.01.2022).
4. Guba V.P., Morozov O.S., Parfenenkov V.V. Scientific-practical and methodological foundations of physical education students. – M. : Soviet sport, 2008. – 206 p. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskayakultur> (accessed 21.01.2022).

УДК 316.7

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ



SOCIO-ECONOMIC PROBLEMS AND MAIN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' PHYSICAL TRAINING

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Хажжуби Амина Хишамовна

студентка группы 19 ЭБ ДА1,
институт фундаментальных наук,
Кубанский государственный технологический университет
amina.cold@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлены социально-экономические проблемы развития физической культуры среди молодежи. Также рассмотрена необходимость развития физической подготовки среди молодого поколения.

Ключевые слова: физическая культура, пропаганда здорового образа жизни, мотивация к физической активности, социальная поддержка.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department
of Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Khazhzhubi Amina Khishamovna

Student of group 19 EB DA1,
Institute of Basic Sciences,
Kuban State Technological University
amina.cold@mail.ru

Annotation. This article presents the socio-economic problems of the development of physical culture among young people. The need for the development of physical training among the younger generation is also considered.

Keywords: physical culture, promotion of a healthy lifestyle, motivation for physical activity, social support.

В последнее время наиболее актуальной стала проблема заинтересованности молодого поколения в занятиях спортом. Для ее решения на территории всей России, в каждом регионе, в каждом городе и областном центре стали функционировать или находятся на стадии строительства физкультурно-оздоровительные комплексы. Проблема заключается в том, что все это функционирует на платной основе, что касается бесплатных спортивных площадок, то их внешний вид нуждается в капитальном ремонте.

Цель исследования заключается в рассмотрении социально-экономических проблем в сфере физической культуры, а также развития физической подготовки среди студентов.

К настоящему моменту, современные технологические процессы приобретают особую актуальность, тем самым отодвигая на задний план значимость физического воспитания, особенно у студентов. На первый взгляд, данная проблема может показаться не столь глобальной, однако индифферентное отношение к данной проблеме может плохо сказаться на целом поколении [1].

Таким образом, чем раньше студенты понимают значимость физического воспитания в повседневной жизни, тем быстрее они смогут добиться успеха в личной и профессиональной сфере.

Стоит отметить, что актуальность данного исследования содержится в том, что физическая культура оказывает влияние на протяжении всей истории человеческого общества. Именно, поэтому стоит популяризировать и пропагандировать физическое воспитание и физическую подготовку среди молодежи и студентов в целом. Стоит обратить внимание на то, что кроется под определением физическое воспитание и физическая подготовка.

В широком смысле слова под физической подготовкой понимается процесс воспитания физических качеств и освоения жизненно важных движений и базовых движений. В теоретическом смысле спорта физическая подготовка подразумевает только процесс воспитания физических качеств.

Под физическим воспитанием понимают педагогический процесс, ориентированный на развитие физической культуры личности.

Физическая культура, являясь одной из частей общей культуры человека, его здорового образа жизни, во многом определяет поведение человека в учебе, на производстве, в быту, в общении, способствует решению социально-экономических, воспитательных и оздоровительных задач.

Забота о развитии физической культуры и спорта – важнейшая составляющая социальной политики государства, обеспечивающая воплощение в жизнь гуманистических идеалов, ценностей и норм, открывающих широкий простор для выявления способностей людей, удовлетворения их интересов и потребностей, активизации человеческого фактора [2].

Огромный социальный потенциал физической культуры и спорта необходимо в полной мере использовать на благо процветания России. Это наименее затратные и наиболее эффективные средства форсированного морального и физического оздоровления нации. Их основу составляют, прежде всего, добрая воля самого субъекта, морально-психологический настрой личности, коллектива и общества.

В виду высокой учебной занятости, бытовой неустроенности, тяжелым материальным положением, студенту непросто перейти на здоровый образ жизни, для этого у него должна присутствовать некоторая мотивация.

Мотивация здорового образа жизни – это побуждение, вызывающее активность организма к активному существованию личности в условиях благоприятного психофизического пространства, не проявляя по отношению к себе и к пространству агрессивности в опасных формах.

Существует несколько видов мотивации к здоровому образу жизни:

- мотив сохранения (цель – сохранить то, что уже есть, студент просто не совершает тех действий, которые могут причинить вред своему здоровью);
- предотвращение болезни (желание избежать походов в поликлинику и плохого самочувствия часто является мощным стимулом для здорового образа жизни);
- работоспособность (болезни часто являются серьезным препятствием в учебе и карьере, ведь работодатель скорее примет на работу здорового человека, чем того, кто имеет проблемы со здоровьем);
- удовольствие от хорошего самочувствия (в этом случае человеку приносит удовольствие его здоровое состояние и способность физически совершенствоваться, заниматься спортом).

Помимо мотивации, также должны быть соответствующие условия не только для организованных форм занятий физической культурой и спортом, но и для желающих заниматься самостоятельно по месту жительства [3].

По моему мнению, для полноценного обеспечения и успешного вовлечения молодежи в спорт, необходимо, чтобы администрации школ и ВУЗов, а также других учебных заведений слышали и учитывали мнение учащихся при привлечении их в спорт, также должны сделать занятия физической культуры более привлекательными для обучающихся, чтобы поднять интерес к данной дисциплине.

Кроме того, увлекать молодое поколение спортивным интересом жизненно необходимо для будущего государства и нашей нации. Но кроме молодого поколения, также необходимо привлечь в спорт их родителей, чтобы сделать занятие спортом семейной традицией [4].

Таким образом, физическая подготовка, в современном мире, представляет собой сильную составляющую для поддержания состояния здоровья, развития духа и силы воли. Учащиеся высших учебных заведений обязаны отчетливо постигать и осознавать достоинство данного предмета, а для этого следует проводить мотивирующие мероприятия и мероприятия соревновательного характера, разрабатывать новые методики, осуществлять показательные мероприятия.

Литература

1. Суяргулов А.У., Крылов В.М. Физическая культура в жизни студентов // Наука и образование сегодня. – 2018. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-v-zhizni-studentov> (дата обращения: 13.01.2022).

2. Модернизация системы вузовской подготовки кадров для сферы физической культуры и спорта / Б.Ф. Курдюков [и др.] // Наука об образовании. – 2017. – № 12. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-sistemy-vuzovskoy-podgotovki-kadrov-dlya-sfery-fizicheskoy-kultury-i-sporta> (дата обращения: 15.01.2022).
3. Бакулина Я.С., Ведерников А.В., Гусев А.А. Социально-экономические проблемы в области спорта и физической культуры системы вуза, пути решения и развития // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-ekonomicheskie-problemy-v-oblasti-sporta-i-fizicheskoy-kultury-sistemy-vuza-puti-resheniya-i-razvitiya> (дата обращения: 15.01.2022).
4. Байков Н.М., Лихачева Е.В. Физическая культура и спорт в контексте национальных приоритетов государственной политики: социологические аспекты // Власть и управление на Востоке России. – 2019. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-i-sport-v-kontekste-natsionalnyh-prioritetov-gosudarstvennoy-politiki-sotsiologicheskie-aspekty> (дата обращения: 20.01.2022).

References

1. Suyargulov A.U., Krylov V.M. Physical culture in the life of students // Science and education today. – 2018. – № 5. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-v-zhizni-studentov> (date of access: 01/13/2022).
2. Modernization of the system of higher education personnel training for the sphere of physical culture and sports / B.F. Kurdyukov [et al.] // Naukaobrazovanie. – 2017. – № 12. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-sistemy-vuzovskoy-podgotovki-kadrov-dlya-sfery-fizicheskoy-kultury-i-sporta> (date of access: 01/15/2022).
3. Bakulina Ya.S., Vedernikov A.V., Gusev A.A. Socio-economic problems in the field of sports and physical culture of the university system, ways of solution and development // Bulletin of NGIEI. – 2020. – № 4. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-ekonomicheskie-problemy-v-oblasti-sporta-i-fizicheskoy-kultury-sistemy-vuza-puti-resheniya-i-razvitiya> (Date of access: 01/15/2022).
4. Baikov N.M., Likhacheva E.V. Physical culture and sport in the context of national priorities of state policy: sociological aspects // Power and management in the East of Russia. – 2019. – № 2. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-kultura-i-sport-v-kontekste-natsionalnyh-prioritetov-gosudarstvennoy-politiki-sotsiologicheskie-aspekty> (date of access: 01/20/2022).

УДК 796.011

ФОРМИРОВАНИЕ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ У СТУДЕНТОВ



FORMATION A HEALTHY LIFESTYLE IN STUDENTS

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Чехова Анастасия Сергеевна

студентка группы 19 ЭБ ДА1,
институт фундаментальных наук,
Кубанский государственный технологический университет
chegovanastya13@icloud.com

Аннотация. Важными проблемами нынешних студентов являются сохранение и улучшение своего здоровья. Здоровый образ жизни для каждого лица индивидуален. В своей жизни человек придерживается законами окружения и личными законами собственного организма. Сохранение здоровья подрастающего поколения считается одной из основных общественных вопросов общества. Целью подготовки высококвалифицированных специалистов следует закрепить и выработать правильный образ жизни, способствующий трудоустройству студентов. На сегодняшний день данная популяция находится под негативным воздействием окружающей сферы, так как физическое и психологическое развитие совпадает с периодом адаптации к новым обстоятельствам жизни, обучения и высокого психологического напряжения. Эта статья приурочена к проблемам развития у студентов здорового образа жизни.

Ключевые слова: здоровый образ жизни, студенты, распорядок дня, правильное питание, режим работы и отдыха.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of
Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Chekhova Anastasia Sergeevna

Student of group 19 EB DA1,
Institute for Basic Science,
Kuban State Technological University
chegovanastya13@icloud.com

Annotation. Important problems of today's students are the preservation and improvement of their health. A healthy lifestyle is individual for each person. In his life, a person adheres to the laws of the environment and the personal laws of his own body. Preserving the health of the younger generation is considered one of the main public issues of society. In order to train highly qualified specialists, it is necessary to consolidate and develop the right lifestyle that contributes to the employment of students. Today, this population is under the negative influence of the environment, since physical and psychological development coincides with a period of adaptation to new circumstances of life, learning and high psychological stress. This article is dedicated to the problems of developing a healthy lifestyle among students.

Keywords: healthy lifestyle, students, daily routine, proper nutrition, mode of work and rest.

Здоровый образ жизни – это совокупность форм и методов культурной жизни человека, основанная на культурных нормах, ценностях, смыслах активности и усилении приспособляемости организма [3, 124]. Здоровый образ жизни гарантирует слаженное развитие, сохранение и укрепление самочувствия, высокую функциональность, а также дает возможность выявить более значимые особенности личности, требуемые в условиях активного развития нашего общества.

Здоровый образ жизни содержит в себе определенные главные элементы: точное функционирование и отдых, отсутствие вредных привычек, адекватная физическая динамичность, личная гигиена, закаливание, духовность, правильное питание и т.д. Верный порядок деятельности и отдых считается необходимым компонентом здорового образа жизни. Распорядок дня – это база жизни любого человека, по этой причине он обязан быть персональным в зависимости от состояния здоровья, степени работоспособности, интересов и предпочтений. Точное выполнение режима позволит сформировать четкий и нужный ритм жизненных сил организма, создав подходящие требования работы и отдыха, способствуя тем самым улучшению здоровья и трудоспособности.

Курение и потребление спиртного считаются наиболее значимыми и распространенными вредными привычками среди молодых людей. Наиболее популярная вредная привычка – это курение сигарет. Эксперты доказали, что только из-за курения, понимание учебных материалов ограничено. Табакокурение зачастую порождает опухоли поло-

сти рта, горла, бронхов и легких. Систематическое и длительное потребление табака ведет к раннему старению. Другая распространенная пагубная поведенческая привычка – употребление спиртного. При частом распитии спиртных напитков нарушается работа основной и периферической нервной системы, а также функций внутренних органов. Не менее значимой составляющей здорового образа жизни считается правильное питание. Рациональная диета – это физиологически здоровая диета здоровых людей с учетом пола, возраста, типа работы и климатических условий жизни. Недостаток времени и быстрый темп жизни приводят к нарушению питания. Пища должна состоять из смешанных продуктов, в том числе белки, жиры, углеводы, витамины и минералы [4, 63]. Тогда правильное питание гарантирует верный рост и развитие тела, что весьма важно для молодежи. Основой для оптимального режима движения считаются систематические тренировки и спорт. Более значимыми чертами физического развития человека считаются сила, скорость, ловкость, гибкость и выносливость. Совершенствование любого из этих качеств также способствует улучшению здоровья.

Закаливание считается мощным средством, которое может помочь избежать множества заболеваний, продлить срок работоспособности организма на многие годы и сохранять высокий уровень эффективности. Закаливание оказывает общее укрепляющее воздействие на организм человека, увеличивает тонус нервной системы, улучшает кровообращение и восстанавливает обмен веществ.

Здоровый образ жизни подставляет в себе биологические и социальные основы.

Биологические основы «утверждают», что образ жизни должен быть: связан с возрастом, энергетически обеспеченным, укрепляющим, ритмичным, аскетичным.

Социальные же принципы дополняют биологические. В их базе лежат утверждения о том, что образ жизни обязан являться: эстетическим, нравоучительным и моральным, решительным, самоограниченным [5, 230].

Выполнение обоих наборов принципов приводит к нужному результату, в основном потому, что наше государство приводит молодое поколение к положительной мотивации здоровья, что здоровье в обществе в первую очередь пребывает в иерархии потребностей человека. Студенты являются обязательной составляющей молодежи, которая представляет отдельную социальную группу и характеризуется своими условиями жизни, работы, социального поведения и психологии. Они принадлежат к группам повышенного риска, поскольку трудности учащихся, такие как высокий уровень эмоционального и психического усилия, адаптация к новым обстоятельствам жизни и образование, оказывают отрицательное влияние кризиса на все основные слои общества и государства [1, 45]. Все это приводит к смещению в худшую сторону адаптации учащихся, что приводит к значительным медицинским и социально-психологическим проблемам.

С целью развития здорового образа жизни важно узнать, по какой причине ведется нездоровый образ жизни и что способствует здоровому образу жизни. Для того чтобы установить причину, многие институты принимают профилактические меры с целью пропаганды здорового образа жизни и выявления физического, социального и психологического здоровья учащихся. Разные диагностики могут помочь удостовериться предположение о том, что состояния их физического, социального и психологического здоровья подтверждает, что у абсолютно всех учащихся разный образ жизни, разное состояние здоровья и разные цели.

Один из наиболее известных исследовательских анализов проводится с применением тестов М. Люшера и Л. Бондса, которые в большинстве случаев демонстрируют, что у всех обучающихся есть отклонения от стандартов здоровья [5, 96]. Все они в той или иной степени болеют, переживают, многие волнуются. Небольшое число учащихся ведут здоровый образ жизни.

Психологи рекомендуют учащимся определить режим дня, для того чтобы сформировать динамичный стереотип. Его физической основой считается развитие в коре головного мозга особой очередности возбуждения и торможения, требуемых для продуктивной деятельности.

Организация оптимального повседневного режима должна опираться на особенности деятельности определенного вуза, приемлемом применении имеющихся об-

стоятельств и понимании его личных отличительных черт, в том числе биоритма. Для любого из нас основное значение имеют определенные цели, потребности, интересные и полезные для общества мероприятия и способность определить верный, оптимальный режим дня.

Чтобы развивать здоровый образ жизни, учащиеся должны придерживаться следующего распорядка дня: подниматься в одно и то же время каждый день, регулярно делать утреннюю зарядку, принимать пищу в установленное время, поочередно заниматься умственной и физической деятельностью, не игнорировать правила личной гигиены, заниматься и отдыхать в хорошо проветриваемом помещении, ложиться отдыхать в одно и то же время каждый день [1, 97].

Формирование здорового образа жизни среди обучающихся в образовательном процессе считается одной из основных целей нашего общества.

В заключении хотелось бы выделить, то что сформированная пропаганда медико-гигиенических знаний может помочь уменьшить степень заболеваемости и воспитать сильное поколение. Создание здорового образа жизни должно быть сосредоточено на значимости образовательных программ, нацеленных на сохранение и укрепление здоровья учащихся средних и высших учебных заведений, формирование активной мотивации заботиться о своем состоянии здоровья и здоровье окружающих.

Литература

1. Воронова Е.А. Здоровый образ жизни в современной школе // Программы, мероприятия, игры. – Ростов н/Д : Феникс, 2014. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=20066943...> (дата обращения 16.02.2022).
2. Назарова Е.Н., Жиллов Ю.Д. Основы здорового образа жизни. – М. : Академия, 2013. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=19539347...> (дата обращения 16.02.2022).
3. Морозов М.А. Основы здорового образа жизни. – М. : ВЕГА, 2014. – URL : <https://www.litmir.me/br/?b=282844&p=1...> (дата обращения 16.02.2022).
4. Физическая культура и здоровый образ жизни студента / Под ред. Виленского М.Я. – М. : Кнорус, 2013. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=19991118...> (дата обращения 16.02.2022).
5. Физическая культура. Основы здорового образа жизни / Под ред. Ю.П. Кобякова. – Ростов н/Д : Феникс, 2014. – URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01005408612...> (дата обращения 16.02.2022).

References

1. Voronova E.A. Healthy lifestyle in modern school // Programs, events, games. – Rostov n/D : Phoenix, 2014. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=20066943...> (Accessed 16.02.2022).
2. Nazarova E.N., Zhilov Yu.D. Fundamentals of a healthy lifestyle. – M. : Academy, 2013. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=19539347...> (Accessed 16.02.2022).
3. Morozov M.A. Fundamentals of a healthy lifestyle. – M. : VEGA, 2014. – URL : <https://www.litmir.me/br/?b=282844&p=1...> (accessed 16.02.2022).
4. Physical culture and healthy lifestyle of a student / Ed. Vilensky M.Ya. – M. : Knorus, 2013. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=19991118...> (Accessed 16.02.2022).
5. Physical Culture. Fundamentals of a healthy lifestyle / Ed. Yu.P. Kobayakov. – Rostov n/D : Phoenix, 2014. – URL : <https://search.rsl.ru/ru/record/01005408612...> (Accessed 16.02.2022).

УДК 81.25

СУЩНОСТЬ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ, ЕГО ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ



ESSENCE OF PROBLEM-ORIENTED LEARNING, ITS ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Синько Ольга Викторовна

преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
olgasinko73@yandex.ru

Sinko Olga Viktorovna

Lecturer at the Department
of Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
olgasinko73@yandex.ru

Аннотация. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что метод проблемно-ориентированного обучения является одним из самых перспективных направлений активизации и усовершенствования образовательного процесса.

Annotation. The relevance of this study is due to the fact that the method of problem-oriented learning is one of the most promising areas for enhancing and improving the educational process.

Ключевые слова: образование, обучение, педагогика, проблема, студент, навык.

Keywords: education, teaching, pedagogy, problem, student, skill.

Проблемно-ориентированное обучение (англ. Problem-Based Learning) – метод преподавания, благодаря которому студенты не просто заучивают информацию, а учатся находить несколько наиболее оптимальных вариантов решения поставленной перед ними профессиональной задачи при помощи креативного подхода и критического мышления, в результате чего у них развиваются профессиональные навыки; интеллектуальные, творческие и мыслительные способности.

Данный вид обучения использует реальные жизненные проблемы в качестве образовательного предмета и таким образом развивает у студентов навык решения проблем. Это может происходить в различных формах. Например, студентам может предоставляться возможность представить свои проекты, планы по решению профессиональных проблем и нужд. При проблемно-ориентированном методе обучения лекции, свойственные традиционному методу, заменяются дискуссионными форумами. ПОО был разработан для студентов медицинских университетов, но с тех пор расширяется и становится доступным для изучения разных образовательных программ как высшего, так и среднего и даже начального уровней [2].

Ключевой задачей преподавателя при проблемно-ориентированном методе обучения является подбор проблемы, которая сможет заинтересовать учащихся и будет для них сложной и существенной. Проблема должна мотивировать учащихся на анализ своих знаний и навыков, поиск и подбор правильных источников информации для нахождения решения поставленной задачи.

Возможность студента усвоить большое количество информации за относительно короткое время является основным критерием традиционного метода обучения. Он является как преимуществом данного вида обучения, так и недостатком, ведь зачастую объем информации превышает возможность ее усвоения. Основным преимуществом проблемно-ориентированного метода перед традиционным является то, что на занятиях от студентов требуются не пассивное усвоение знаний, а активные действия для их получения. Студенты проявляют инициативу в учебном процессе и сами добывают знания путём исследовательской деятельности, а преподаватель лишь выступает в роли их наставника и партнёра. Таким образом, процесс обучения и его результат становятся значимыми лично для каждого студента, прививают ему самостоятельность, развивают творческие способности [1].

Одним из достоинств проблемно-ориентированного метода обучения является развитие коммуникативных навыков студентов и ощущение себя неотъемлемой частью

группы, что мотивирует их к обучению. Проблемно-ориентированное обучение позволяет студентам развить навык работы в команде с помощью сотрудничества друг с другом для решения задач. Работа в команде позволяет увидеть другие варианты решения проблем, обратить внимание на свои недочеты и ошибки [3].

Недостатком данной методики являются большие затраты времени на достижение поставленных целей и то, что при изучении дисциплины охватывается меньший объем материала, чем при традиционном способе, но, тем не менее, проблемно-ориентированное обучение более перспективно, так как позволяет студентам ещё на этапе обучения познать профессиональные задачи, это означает, что студент, обучавшийся по системе ПОО, при столкновении с этими самыми задачами непосредственно в работе, не растеряется и будет готов к анализу и решению данной проблемы, так как уже имеет подобный опыт.

Подводя итоги можно сказать, что несмотря на то, что проблемно-ориентированный метод обучения требует больших затрат времени и усилий как преподавателя, так и студентов, чем традиционный метод, ПОО, несомненно, является более эффективным и перспективным способом обучения, так как он не только предоставляет студентам специализированную информацию, но и способствует развитию различных навыков, которые формируют профессиональное мышление и будут полезны в дальнейшей жизни и работе обучающихся. В процессе ПОО у студентов формируется как самостоятельность и ответственность, так и навыки коммуникации и работы в команде, что позволяет рассмотреть проблему с нескольких сторон и подобрать больше вариантов ее решения.

Литература

1. Баксанский О.Е. Проблемное обучение, обоснование и реализация. – 2000.
2. Субочева А.Д. Инновационные методы обучения как способы активизации мыслительной деятельности студентов. – 2014.
3. Dahlgren A. PBL through the looking glass // Comparing applications in computer engineering, psychology and psychotherapy. – 2003.

References

1. Baksanskiy O.E. Problematic learning, justification and implementation. – 2000.
2. Subocheva A.D. Innovative teaching methods as ways of enhancing the mental activity of students. – 2014.
3. Dahlgren A. PBL through the looking glass // Comparing applications in computer engineering, psychology and psychotherapy. – 2003.

УДК 796.011.3

ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ НАСТОЛЬНЫМ ТЕННИСОМ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБЩЕЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СТУДЕНТОВ



THE IMPACT OF TABLE TENNIS ON THE INDICATORS OF THE GENERAL PHYSICAL FITNESS OF STUDENTS

Синько Ольга Викторовна

преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
olgasinko73@yandex.ru

Якимова Анастасия Александровна

студентка группы 20 ИТК9-СЭ2,
Кубанский государственный технологический университет
anastasi.miss@yandex.ru

Аннотация. Данная статья посвящена изучению результатов воздействия, показателей общей подготовки студентов под действием занятий настольным теннисом. В результате исследования установлено, что введение в учебные занятия по физической культуре специальной подготовки по методике тренировки игроков в настольный теннис по сравнению с традиционной методикой проведения занятий по физической культуре позволило значительно повысить оздоровительный потенциал студентов.

Ключевые слова: настольный теннис, студенты, оздоровительный потенциал, исследование, физическая культура.

Sinko Olga Viktorovna

Lecturer at the Department
of Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
olgasinko73@yandex.ru

Yakimova Anastasia Alexandrovna

Student of group 20 ITK9-SE2,
Kuban State Technological University
anastasi.miss@yandex.ru

Annotation. This article is devoted to the study of the impact results, indicators of the general preparation of students under the influence of table tennis classes. The study found that the introduction of educational sessions of physical training a special training in the training methods of players in table tennis in comparison with the traditional methodology of physical training significantly increase health potential of students.

Keywords: table tennis, students, health potential, research, physical education.

Введение. Повышение оздоровительного потенциала студентов является важной задачей проведения занятий по физической культуре в вузе, которая во многом определяется правильно организованной двигательной активностью студентов [5, 6]. Анализ литературы по данной проблеме показал, что перспективным способом повышения оздоровительного потенциала студентов является введение в учебные занятия по физической культуре специализаций по различным видам спорта как наиболее прогрессивной формы совершенствования физического воспитания и повышения уровня здоровья студентов [7, 8].

Одним из видов спорта, сочетающий разностороннюю двигательную активность студентов, соответствующую их самочувствию и физической подготовленности с паузами полного отдыха, что позволяет эффективно повышать показатели здоровья, является настольный теннис.

Настольный теннис – очень популярная игра во всем мире. Некоторые источники приводят данные о том, что, например, в Китайской Народной Республике число увлекающихся этой игрой достигло 90 миллионов [1]. Этот вид спорта является одним из самых известных, малобюджетных, но от этого он не теряет своего интереса в кругах молодёжи. Заниматься этим видом спорта можно даже во дворе своего дома, вооружившись ракетками, мячом для настольного тенниса и столом, для вас открыт вход в этот интересный способ времяпрепровождения.

Из публикации известно, что в 1874 году англичанин В.Клоптон разработал правила новой, частично похожей на современный теннис, игры. Названа она была сферистикой. Через год правила сферистики были усовершенствованы и игра получила название – лаун-теннис («lawn» – «пужайка») или просто – теннис [1].

Из других источников известно, что происхождение названия игры «теннис» – связано с тем, что в игре участвовали десять (по английски «ten») игроков, по пять на каждой стороне площадки. В скором времени теннис с открытого воздуха перешел в

помещение. Вначале играли на полу. Позже стали играть на двух столах, расположенных на определенном расстоянии один от другого. Через некоторое время столы были сдвинуты и между ними натянули сетку.

Интенсивное развитие настольный теннис получил в 1894 году благодаря изобретению английского инженера Джеймса Гибса. Он ввел в игру целлулоидный мяч – легкий и упругий. Это позволило значительно уменьшить вес ракетки. Вместо ракеток со струнами стали использовать фанерные ракетки с укороченной ручкой. В дальнейшем фанеру стали покрывать слоем пробки, чтобы улучшить отскок мяча. Со временем на ракетку стали наклеивать резину. Родоначальником этой модификации ракеток считают Е. Гуда [1].

Широкую популярность в нашей стране настольный теннис приобрел в 1927 году, после показательных игр в честь празднования десятой годовщины Великого Октября, устроенных делегацией английских рабочих. Осенью 1945 года была организована спортивная секция при Московском комитете физической культуры и спорта. В феврале 1948 года Комитет по делам физкультуры и спорта при Совете Министров СССР утвердил новые правила соревнований, которые были приведены в соответствие с международными. С этого времени в нашей стране игра стала именоваться настольным теннисом. Были стандартизированы размеры стола и высота сетки. Теннисный счет и счет в партиях, который велся до 30, 50 и до 100 очков, был заменен на международный – до 21 очка в каждой партии. А Единая всесоюзная спортивная классификация 1949 года уже предусматривала выполнение разрядов и присвоение звания «Мастер спорта СССР» по настольному теннису. В феврале 1950 года была организована Всесоюзная секция настольного тенниса, которая впоследствии стала именоваться федерацией. А в ноябре 1951 года в Вильнюсе состоялось первое личное первенство СССР, в котором приняли участие 64 мужчины и 32 женщины. В 1954 году наша страна стала членом Международной федерации настольного тенниса. С этого времени спортсмены стали выступать в международных состязаниях, становясь чемпионами Мира и Европы. Все это стало возможным благодаря массовому развитию настольного тенниса в нашей стране. В минувшем столетии настольный теннис бурно развивался. Усовершенствовались технические приемы и стили игры [1].

Настольный теннис и в наше время не останавливается в своём развитии в плане правил и важных компонентов игры. В мире спорта, по данным олимпийских игр за 2018 год в Швеции, наши чемпионы заняли 15 место в мужской команде и вошли в десятку женская сборная, что показало недочёты в подготовке. Несмотря на эти ошибки нашей сборной, россияне продолжают совершенствоваться в этом роде занятий.

Настольный теннис – это олимпийский вид спорта, который обусловлен высокими требованиями к уровню психофизического развития теннисистов-профессионалов. Но в него так же играют и люди с ограниченным здоровьем, любого возраста, а так же с низким физическим уровнем развития, не нанося вреда своему здоровью, потому что во время игры человек непосредственно на обмен ударами затрачивает только треть игрового времени. После резких движений мышцы имеют возможность расслабиться и получают кратковременную передышку, а так же, работая поочередно, не устают в течение продолжительного времени. Игровые эпизоды сменяются паузами, во время которых игрок ходит за мячом. Для подготовленного спортсмена это не имеет большого значения, но для нетренированного человека может быть показательным. При игре в настольный теннис организм испытывает нагрузки аэробного характера, которые имеют оздоровительный и терапевтический эффект. Дозированные нагрузки такого рода особенно полезны для профилактики и лечения заболеваний дыхательной и сердечно-сосудистой системы [2].

Главное преимущество настольного тенниса заключается в том, что он – игра. Привлечение человека в игровую деятельность обеспечивает возможность нравственного развития, овладение общественным опытом, а также личностное развитие [3]. Соревнования по настольному теннису могут быть организованы в различных видах: личные, лично-командные, командные, парные. Данный вид спорта популярен как среди взрослого населения, так и среди детей. Настольный теннис, это хорошикардио-

нагрузки для организма. За одной партией, игроку приходится делать от 15–20 и столько же раз отойти за мячом, для спортсмена это не доставляет большого труда, но мы говорим о большинстве молодёжи, не привыкшей к физическим нагрузкам.

Проведенные в 2016 году к.п.н., доцентом Российского государственного профессионально-педагогического университета, г. Екатеринбург Е.Б. Ольховской исследования показали, что настольный теннис является эффективным средством физкультурно-оздоровительной деятельности студентов, оптимизируя состояние сердечно-сосудистой системы, дыхательной и центральной нервной системы. В настольном теннисе уровень технической подготовки студентов служит элементом саморегуляции для физической нагрузки. Возможность студентов с ограниченными возможностями заниматься данным видом спорта положительно влияет не только на физический и психический, но и на социальный аспект их здоровья [4].

По результатам исследования, настольный теннис - это прекрасное средство от напряжения и снижения усталости. Так же занятия спортом, не только настольным теннисом, влияет на выработку здоровых и правильных привычек, дисциплины, снижение психологических нагрузок и улучшению организма. Для молодёжи это особенно важно, так как в возрасте от 13 до 21-го года, они склонны к разному негативному влиянию общества и даже сверстников. Настольный теннис, точнее тренировки могут избавить подростков от импульсивности, так как накопившуюся энергию они могут направить в тренировки. Так же для молодёжи очень важно самовыражение, как они устроены в обществе и как их видят окружающие. Посредством тренировок, так же правильной диеты и здорового образа жизни, улучшается состояние организма, все мышцы приходят в тонус, улучшается концентрация внимания и гибкость мышления.

Выводы. Перспективным способом повышения оздоровительного потенциала студентов является введение в учебные занятия по физической культуре специализации по настольному теннису как наиболее прогрессивной формы совершенствования физического воспитания и повышения уровня оздоровительного потенциала студентов. Настольный теннис – это не только развлекательная игра, но и большой труд, а также испытание и воспитание волевых качеств. Игра приучает человека к тем физическим и психическим усилиям, которые так необходимы для работы и в повседневной жизни. Этот вид спорта прекрасный вариант для того, чтобы заниматься здоровым образом жизни, начать свою жизнь по-новому, с насыщением правильных убеждений и развитием своей психологической стабильности.

Литература

1. Барчукова Г.В. Настольный теннис. – М. : ФиС, 1990. – 174 с.
2. Алешина Е.И., Подосенков А.Л., Шивринская С.Е. Скандинавская ходьба как средство физического воспитания студентов специальной медицинской группы: научно-методические основы // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–8. – С. 1732–1736.
3. Салегина Т.А., Ольховская Е.Б. Адаптация студентов к факторам профессионально-образовательной среды // Педагогический журнал Башкортостана. – 2011. – № 6. – С. 57–63.
4. Ольховская Е.Б. Настольный теннис в физическом воспитании студентов специальной медицинской группы // Международный научный журнал «Инновационная наука». – М., 2016. – № 5 – С. 158–159
5. Рязанова Е.А., Гиренко Л.А. Организация физической культуры для студентов с ослабленным здоровьем в вузе // Современные образовательные технологии в мировом учебно-воспитательном пространстве: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2017. – С. 124–128.
6. Повышение мотивированности к занятиям, как важнейшее условие формирования потенциала культуры физической у студентов / Р.К. Ахметгареева [и др.] // Казанская наука. – 2016. – № 11. – С. 133–135
7. Агеев В.У., Борилкевич В.Е., Шустин Б.Н. Динамика физической подготовленности студентов в связи со специализацией курса физического воспитания // Материалы научно-методической конференции вузов по физическому воспитанию. – Л., 1969. – С. 6–7.
8. Вайнбаум Я.С., Коваль В.И., Родионова Т.А. Гигиена физического воспитания и спорта: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М. : Издательский центр «Академия», 2002. – 240 с.

References

1. Barchukova G.V. Table tennis. – М. : FiS, 1990. – 174 p.
2. Aleshina E.I., Podosenkov A.L., Shivrinskaya S.E. Nordic walking as a means of physical education of students of a special medical group: scientific and methodological foundations // Fundamental research. – 2014. – № 9–8. – P. 1732–1736.
3. Sapegina T.A., Olkhovskaya E.B. Adaptation of students to the factors of the professional educational environment // Pedagogical journal of Bashkortostan. – 2011. – № 6. – P. 57–63.
4. Olkhovskaya E.B. Table tennis in the physical education of students of a special medical group // International scientific journal «Innovative Science». – М., 2016. – № . – P. 158–159.
5. Ryazanova E.A., Girenko L.A. Organization of physical culture for students with poor health at the university // Modern educational technologies in the world educational space: coll. materials of the VII Intern. scientific-practical. conf. – Novosibirsk, 2017. – P. 124–128.
6. Increasing the motivation to study as the most important condition for the formation of the potential of physical culture among students / R.K. Akhmetgareeva [et al.] // Kazan Science. – 2016. – № 11. – P. 133–135
7. Ageevets V.U., Borilkevich V.E., Shustin B.N. Dynamics of physical fitness of students in connection with the specialization of the course of physical education // Materials of the scientific and methodological conference of universities in physical education. – L., 1969. – P. 6–7.
8. Weinbaum Ya.S., Koval V.I., Rodionova T.A. Hygiene of physical education and sports: textbook for students. higher ped. textbook establishments. – М. : Publishing Center «Academy», 2002. – 240 p.

УДК 796.011

КОРРЕКЦИЯ ОСАНКИ ПОСРЕДСТВОМ ЗАНЯТИЙ ПЛАВАНИЕМ



CORRECTION OF POSTURE THROUGH SWIMMING

Шабельный Александр Павлович

преподаватель физического воспитания,
Краснодарский краевой базовый медицинский колледж
Министерства здравоохранения Краснодарского края
neonfx2017@mail.ru

Кошурников Владислав Сергеевич

студент группы 19-С-УС-1,
институт строительства и транспортной инфраструктуры,
Кубанский государственный технологический университет
koshurnikov.2001@mail.ru

Аннотация. В современном обществе остро стоит проблема с искривлением осанки среди большого количества людей. В данной статье представлен материал о благоприятном влиянии плавания для исправления осанки, рассказывается о базовых упражнениях, также затрагиваются другие положительные аспекты коррекции осанки.

Ключевые слова: лечебная физическая культура, здоровье, лечение, травмы, сколиоз, искривление осанки, плавание.

Shabelny Alexander Pavlovich

Physical Education Teacher,
Krasnodar Regional Basic
Medical College of the Ministry of Health
of the Krasnodar Region
neonfx2017@mail.ru

Koshurnikov Vladislav Sergeevich

Student of group 19-C-US-1,
Institute of Construction and
Transport Infrastructure,
Kuban State Technological University
koshurnikov.2001@mail.ru

Annotation. In modern society, there is an acute problem with the curvature of posture among a large number of people. This article presents material on the beneficial effects of swimming for posture correction, talks about basic exercises, and also touches on other positive aspects of posture correction.

Keywords: medicinal culture, health, treatment, injuries, scoliosis, curvature of posture, swimming.

Над проблемой искривления позвоночника работает огромный спектр врачей, к ним относятся хирурги, травматологи, остеопаты, ортопеды и другие специалисты.

Начнем с определений. Осанка – это привычное положение тела в покое и в движении, это поза непринужденно стоящего человека, которую он принимает без лишнего мышечного напряжения. Осанка отражает не только физическое, но и психическое состояние человека, его настроение и даже характер, я остановлюсь только на физической составляющей [2].

Важно понимать, что человек – это очень сложный и очень точный механизм, который изначально работает очень слажено. Человека можно сравнить с домом, обычным домом. Ноги человека – это фундамент, туловище – это стены дома, а голова соответственно – это крыша.

Рассмотрим более подробно, представим дом у которого один угол фундамента продавил землю и опустился, следовательно из-за связки фундамент потащит за собой минимум одну стену, что приведет к напряжению в соединении стен и образуется трещина. Трещина приведет к наклону крыши. С человеком все ровно счетом также, физические законы работают везде. Поэтому опущенные вниз голова и плечи, сутулившаяся спина, согнутые колени, сигнализируют нам о том, что проблемы с фундаментом, точнее дело в ступнях [1]. Плоскостопие – это основная проблема сутулости, сколиоза, искривления осанки. Более того, наш организм настолько совершенен, что проблемы с ногами он компенсируется искривлениями тела и головы так, чтобы поддерживать баланс.

Таким образом, после всего выше сказанного, плавание влияет на осанку, если нужно лечить ступни? – спросите вы. Лечение осанки – это комплексный процесс, лечение, только ступней не поможет, нужно восстанавливать мышечный тонус всех задействованных частей тела, убирать многолетнее напряжение в мышцах и многое другое. Поэтому правильная физическая нагрузка играет одну из основных ролей в восстановлении прямой, красивой, здоровой осанки [5]. Одним из важнейших звеньев такого лечения является лечебное плавание. Плавание является полезным и рекомендуемым упражнением при сколиозе, поскольку оно помогает повысить гибкость тела [3].

Во время плавания:

- осуществляется естественная разгрузка позвоночника;
- самовытяжение во время скольжения по воде дополняет разгрузку зон роста;
- исчезает асимметричная работа межпозвонковых мышц;
- восстанавливаются условия для нормального роста тел позвонков;
- укрепляются мышцы живота, спины, конечностей;
- совершенствуется координация движений;
- воспитывается чувство правильной осанки.

Лечебное плавание рекомендуется всем больным сколиозом независимо от тяжести заболевания.

Основным стилем плавания для лечения сколиоза, исходя из описанных выше требований, является «брасс на груди с удлиненной паузой скольжения», во время которой происходит максимальное вытяжение позвоночника и максимальное напряжение мышц, возможность увеличения подвижности и вращательных движений корпуса и таза минимальна. Плечевой пояс расположен параллельно поверхности воды и перпендикулярно направлению движения, движения рук и ног симметричны, выполняются в одной плоскости [2].

В зависимости от угла искривления выделяют четыре степени развития сколиоза:

- I степень – угол искривления до 10° ;
- II степень – угол искривления $11-30^\circ$;
- III степень – угол искривления $31-50^\circ$;
- IV степень – угол искривления свыше 50° .

Примеры упражнений для определенной степени сколиоза, однако каждое упражнение подбирается индивидуально под каждого пациента, его лечащим тренером.

1. При сколиозе I степени используют только симметричные плавательные упражнения (брасс на груди, удлиненная пауза скольжения, кроль на груди для ног).

2. При сколиозе II–III степени задача коррекции деформации влечет необходимость применения асимметричных исходных положений. Плавание в позе коррекции должно занимать на уроке 40–50 % времени. Это позволяет снять нагрузку с вогнутой стороны дуги позвоночника. Особое значение приобретает подбор исходного положения коррекции: оно выбирается строго индивидуально, в зависимости от типа сколиоза:

- При грудном типе сколиоза, например, с вершиной на 8–9 грудном позвонке для снижения компрессии с вогнутой стороны дуги применяют асимметричные исходные положения для плечевого пояса: рука с вогнутой стороны сколиоза выносится при плавании вперед (при стоянии – вверх).

- При поясничном (вершина дуги на 2–3 поясничных позвонках) и грудопоясничном типе (вершина дуги на 12-м грудном позвонке или 1-м грудном позвонке) сколиозе для коррекции дуги могут использоваться асимметричные исходные положения для тазового пояса: при плавании нога с выпуклой стороны поясничной дуги отводится с фиксацией таза на доске.

- При комбинированном сколиозе с двумя первичными дугами (грудной и поясничной) особое внимание уделяется коррекции грудной дуги.

3. При IV степени на первый план выдвигается не задача коррекции деформации, а улучшение общего состояния организма, функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Поэтому, как правило, используют симметричные исходные положения, особое внимание уделяют дыхательным упражнениям [4]. Но для тренировки сердечно-сосудистой системы и повышения силовой выносливости мышц необходимо вводить индивидуально под строгим контролем проплывание небольших скоростных участков. Чрезвычайно важно совершенствование техники плавания, в особенности у тех больных, симптомом которых является нестабильность позвоночника. В том случае, когда угол искривления позвоночника на рентгенограммах в положении стоя и лежа заметно отличается, следует максимально исключить движения позвоночника в перпендикулярном направлении и вращения позвоночника [2].

Ниже приведены некоторые из основных техник упражнений для терапии в бассейне (их можно модифицировать в зависимости от степени сложности):

– Упражнение «колени к груди». Это движение выполняется стоя на одной ноге, которая слегка согнута, а одна нога вытянута вперед, при этом одна рука держится за бортик бассейна. Он укрепляет и растягивает мышцы ног, бедер и нижней части спины.

– Упражнение с поднятием ног. Это движение выполняется с одной вытянутой ногой и слегка согнутой опорной ногой, в то время как одна рука держится за бортик бассейна. Он укрепляет и растягивает мышцы ног, бедер и нижней части спины.

– Упражнение на растяжку ног лицом к стене. В этом упражнении на растяжку люди принимают позу «супермена», руки лежат на краю бассейна, а тело и ноги вытянуты в воду и поддерживаются ею. Это растягивает все области спины и суставы спины, а также растягивает плечевые мышцы.

– Ходьба в бассейне. Ходьба как вперед, так и назад в воде по грудь заставляет работать мышцы ног, не оказывая воздействия на колени или бедра, что особенно важно для людей, страдающих артритом суставов. Упражнение в ходьбе можно сделать более сложным, добавив ручные поплавки или легкие веса, поэтому прогулка в бассейне становится водной версией силовой ходьбы [4].

Конечно, лучше всего с детства подходить к здоровью ребенка очень правильно и профессионально, а не доводить до искажения позвоночника.

Покупать обувь для ребенка с правильной геометрией, способствовать тому, чтобы он ходил по мягкой поверхности, песку, манежу, пледу без обуви, тогда идет укрепление суставов малыша при правильной опоре ступни на поверхность. А если человек уже имеет сколиоз, то подходить к его лечению комплексно и обязательно под руководством квалифицированного специалиста.

Литература

1. Булгакова Н.Ж. Оздоровительное, лечебное и адаптивное плавание. – 2005.
2. Вайнбаум Я.С. Гигиена физического воспитания. – 1986.
3. Кардамонова Н.Н. Плавание лечение и спорт. Серия «Панацея». – Ростов н/Д, 2001.
4. Физическая реабилитация: учебник для академий и институтов физической культуры / Под общ. ред. проф. С.И. Попова. – Ростов н/Д, 1999.
5. Булах И.М. Научите меня плавать.

References

1. Bulgakova N.J. Wellness, therapeutic and adaptive swimming. – 2005.
2. Weinbaum Ya.S. Hygiene of physical education. – 1986.
3. Kardamonova N.N. Swimming treatment and sport. The «Panacea» series. – Rostov n/D, 2001.
4. Physical rehabilitation: textbook for academies and institutes of physical culture / Under the general editorship of Prof. S.I. Popov. – Rostov n/D, 1999.
5. Bulakh I.M. Teach me to swim.

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

График выхода журнала и приема статей на 2022 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)

2022, № 1

SCIENTIFIC MULTIDISCIPLINARY MAGAZINE

SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY
(polytechnical bulletin)

2022, № 1

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 10.04.2022.
Подписано в печать 14.04.2022.
Формат 60 x 84¹/₈.
Бумага офсетная.
Печать riso.
Уч.-изд. л. 14,4.
Тираж 500 экз.

It is handed over in a set 10.04.2022.
It is sent for the press 14.04.2022.
Format 60 x 84¹/₈.
Offset paper.
Riso press.
Ed.-prod. l. 14,4.
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 № 2360

Order № 2360

Тел.: +7(918) 41-50-571
e-mail: id.yug2016@gmail.com
Сайт: www.id-yug.com

Ph.: +7(918) 41-50-571
e-mail: id.yug2016@gmail.com
Site: www.id-yug.com