



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

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

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



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

№ 4

2021



Общероссийская общественная организация
«Российская инженерная академия»

All-russian public organization
«Russian Engineering Academy»

НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ
(политехнический вестник)

2021, № 4

(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)

2021, № 4

(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».

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 «Нефтегазовая инженерия», Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

IBRAHIMOV Rafik Salman oglu,

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

КАЗЕЕВ Камиль Шагидуллоевич,

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

KAZEEV Kamil Shagidulloevich,

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

КОЛЕСНИКОВ Сергей Ильич,

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

KOLESNIKOV Sergey Ilyich,

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

МОСКВИЧ Вадим Константинович,

кандидат технических наук, профессор.

MOSKVICH Vadim Konstantinovich,

Candidate of Technical Sciences, Professor.

ОЛЬХОВАТОВ Егор Анатольевич,

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

OLKHOVATOV Egor Anatolievich,

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

ПОЛИДИ Александр Анатольевич,

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

POLIDI Alexander Anatolyevich,

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

САВЕНОК Ольга Вадимовна

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

SAVENOK Olga Vadimovna,

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

САЖИН Виктор Борисович,

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

SAZHIN Victor Borisovich,

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

СЕКISOV 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 Sergeyevich,

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 Kuatovich,

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 Makhmet 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 ----- FOUNDER

ООО «Издательский Дом – Юг»

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

- Березина А.И., Токарева Е.А., Куркаева Е.В.**
Использование энергоэффективных фасадных систем при реконструкции 21
Berezina A.I., Tokareva E.A., Kurkaeva E.V.
Use of energy efficient facade systems during renovation
- Варенцов В.В.**
Влияние примесей на свойства стали 26
Varentsov V.V.
Effect of impurities on the properties of steel
- Грибкова Л.А., Кононенко В.В., Дражецкий Д.А.**
BIM-технологии: преимущества, недостатки и возможности применения 29
Gribkova L.A., Kononenko V.V., Drazhetsky D.A.
BIM-technologies: advantages, disadvantages and application possibilities
- Добробаба Ю.П., Сальников К.И., Бондарев М.Н.**
Исследование энергетических характеристик программно-управляемых оптимальных по быстродействию электроприводов 33
Dobrobaba Yu.P., Salnikov K.I., Bondarev M.N.
Research of energy characteristics of soft ware controlled optimum in terms of speed electric actuator
- Добробаба Ю.П., Шкереда Э.Д., Ефремов Е.А.**
Исследование влияния параметров источника питания первого вида на динамические характеристики электропривода 41
Dobrobaba Yu.P., Shkereda E.D., Efremov E.A.
Research of the influence of the parameters of the power supply of the first type on the dynamic characteristics of the electric drive
- Добробаба Ю.П. Кияшко Д.С.**
Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа особо точного электропривода при ограничениях по напряжению, по максимальному и минимальному значениям тока 46
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, at the maximum and minimum current values
- Добробаба Ю.П., Асланова Д.А., Печёнкин О.А.**
Двухмассовая упругая электромеханическая система с четырьмя кратными корнями характеристического уравнения 63
Dobrobaba Yu.P., Aslanova D.A., Pechonkin O.A.
Two-mass elastic electromechanical system with four multiple roots of the characteristic equation
- Добробаба Ю.П., Асланова Д.А., Печёнкин О.А.**
Двухмассовая упругая электромеханическая система с тремя кратными корнями характеристического уравнения 66
Dobrobaba Yu.P., Aslanova D.A., Pechonkin O.A.
Two-mass elastic electromechanical system with three multiple roots of the characteristic equation

Добробаба Ю.П., Чувилин Н.А. Трехмассовая упругая электромеханическая система (без учета влияния индуктивности якорной цепи) с пятью кратными корнями характеристического уравнения	71
Dobrobaba Yu.P., Chuvilin N.A. Three-mass elastic electromechanical system (with out taking into account the influence of the anchor circuit inductance) with five cross roots of the characteristic equation	
Досманов Т.П., Романова А.С. Требования к бетонной смеси для подводного бетонирования	75
Dosmanov T.P., Romanova A.S. Requirements for concrete mix for underwater concreting	
Дьяков А.В. Усиление несущих строительных конструкций углеродными композитными материалами	78
Dyakov A.V. Reinforcement of load-bearing building structures with carbon composite materials	
Еременко Е.А. Усиление металлических конструкций композитными материалами	81
Eremenko E.A. Reinforcement of metal structures with composite materials	
Заброда О.С., Гура Д.А., Дражецкий Д.А., Панченко Е.А. Использование технологии лазерного сканирования в области градостроительства	86
Zabroda O.S., Gura D.A., Drazhetsky D.A., Panchenko E.A. Use of laser scanning technology in the field of urban planning	
Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Соскова В.В. Логистические методы, используемые при осуществлении транспортно-экспедиционной деятельности	91
Konovalova T.V., Nadiryayn S.L., Soskova V.V. Logistics methods used in the implementation of freight forwarding activities	
Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Соскова В.В. Особенности размещения и функционирования транспортно-пересадочных узлов в крупных городах	95
Konovalova T.V., Nadiryayn S.L., Soskova V.V. Features of the placement and functioning of transport hubs in large cities	
Коновалова Т.В., Миронова М.П., Надирян С.Л., Соскова В.В. Пути повышения эффективности международных перевозок в логистических транспортно-технологических системах	99
Konovalova T.V., Mironova M.P., Nadiryayn S.L., Soskova V.V. Ways to improve the efficiency of international transportation in logistics transport and technological systems	
Коновалова Т.В., Миронова М.П., Надирян С.Л., Соскова В.В. Теоретические основы оценки эффективности логистических транспортно-технологических систем	104
Konovalova T.V., Mironova M.P., Nadiryayn S.L., Soskova V.V. Theoretical foundations for evaluating the effectiveness of logistics transport and technological systems	

Куркаева Е.В., Токарева Е.А. Применение навесных вентилируемых фасадов при реконструкции зданий и виды облицовочных материалов	110
Kurkaeva E.V., Tokareva E.A. Application of suspended ventilated facades to the construction of buildings and types of cladding materials	
Леонова А.Н., Ястремский А.В., Коробов В.С. Понятие «реконструкция» и основные проблемы, возникающие при реконструкции зданий и сооружений	113
Leonova A.N., Yastremskiy A.V., Korobov V.S. The concept of «reconstruction» and the main problems arising during the reconstruction of buildings and structures	
Леонова А.Н., Федоров А.А., Миронова И.А. Поведение легких стальных тонкостенных конструкций при повышенных температурах	116
Leonova A.N., Fedorov A.A., Mironova I.A. Behavior of light steel thin walled structures at in creased temperatures	
Леонова А.Н., Мягкова Е.С. Электрохимическая коррозия металлов	119
Leonova A.N., Myagkova E.S. Electrochemical corrosion of metals	
Леонова А.Н., Полещук О.В. Передвижка зданий при реконструкции	122
Leonova A.N., Poleshchuk O.V. Moving buildings during reconstruction	
Леонова А.Н., Самаркина Е.А., Тарасенко П.Д. Энергоэффективные фасадные системы	125
Leonova A.N., Samarkina E.A., Tarasenko P.D. Energy efficient facade systems	
Макаренко Н.А. Реконструкция свайных фундаментов путем введения дополнительных буринъекционных свай	131
Makarenko N.A. Reconstruction of pile foundations by introducing additional drilling-injection piles	
Маркозов Д.Ю. Причины коррозии нержавеющей стали	136
Markozov D.Yu. Causes of stainless steel corrosion	
Мирная Д.С., Выродова И.Г. Бетонирование в морской воде	138
Mirnaya D.S., Vyrodova I.G. Concreting in sea water	
Назарков Н.А. Предпосылки хрупкого разрушения стали	140
Nazarkov N.A. Prerequisites for brittle fracture of steel	

Леонова А.Н., Наумович Ю.И., Ковалева А.А. Сравнительный анализ арматуры из композитных материалов и металлической арматуры	143
Leonova A.N., Naumovich Yu.I., Kovaleva A.A. Comparative analysis of composite valves and metal valve	
Носуля И.С., Щербак Д.А. Химические добавки в бетонные смеси	147
Nosulya I.S., Shcherbak D.A. Chemical additives in concrete mixes	
Ольховатов Е.А., Касьянов Г.И., Христюк А.В. СО ₂ -мацерация как основа технологии молодого вина	150
Olkhovатов E.A., Kasyanov G.I., Khristyuk A.V. CO ₂ -maceration as the basis of young wine technology	
Панченко Е.А., Гура Д.А., Дражецкий Д.А., Марковский И.Г. Этапы создания 3D-ГИС с использованием данных наземного лазерного сканирования	154
Panchenko E.A., Gura D.A., Drazhetsky D.A., Markovskiy I.G. Stages of creating a 3D GIS using data ground laser scanning	
Параничев Я.В. Способы ускорения монолитных работ при строительстве гидротехнических сооружений	158
Paranichev Ya.V. Ways to accelerate monolithic works in the construction of hydrotechnical structures	
Питкин В.А., Стрельникова А.С. Фотовольтаические солнечные электростанции	161
Pitkin V.A., Strelnikova A.S. Photovoltaic solar power plants	
Питкин В.А., Григорьян А.М. Разработка универсальной установки для гидродинамической очистки оборудования объектов транспорта и хранения газа	164
Pitkin V.A., Grigoryan A.M. Development of a universal installation for hydronamic cleaning of equipment for gas transportation and storage facilities	
Романова А.С., Петренко Д.А. Подбор оптимального состава бетонной смеси	166
Romanova A.S., Petrenko D.A. Selection of the optimal composition of the concrete mix	
Романова А.С., Петренко Д.А. Подбор бетонной смеси для гидротехнических сооружений	169
Romanova A.S., Petrenko D.A. Selection of concrete mix for hydraulic structures	
Савченко В.Г. Технология укрепления кирпичных конструкций методом инъектирования	171
Savchenko V.G. Technology of strengthening brick structures by injection	

Серебряков А.Е., Гура Д.А., Дражецкий Д.А., Панченко Е.А. Типы БПЛА и возможности использования в целях мониторинга и предотвращения лесных пожаров	175
Serebryakov A.E., Gura D.A., Drazhetsky D.A., Panchenko E.A. Types of UAVS and can be used to monitor and prevent forest fires	
Сорокина Е.Н., Самаркина Е.А., Тарасенко П.Д. Сейсмостойкость низковольтных комплексных устройств (НКУ)	179
Sorokina E.N., Tarasenko P.D., Samarkina E.A. Seismic resistance of low voltage integrated devices (NKU)	
Сукманюк А.С., Малый З.А., Дражецкий Д.А. Сканирующие технологии. Трёхмерное лазерное сканирование	183
Sukmanyuk A.S., Maly Z.A., Drazhetsky D.A. Scanning technologies. Three-dimensional laser scanning	
Сылка Д.В., Ковалёва И.В., Злая Д.Г. Особенности конструктивных схем каркасных высотных зданий	188
Sylka D.V., Kovaleva I.V., Zlaya D.G. Features of structural schemes of frame high-rise buildings	
Терехов Л.А., Романова А.С. Влияние примесей на прочность стали	195
Terekhov L.A., Romanova A.S. Effect of impurities on steel strength	
Токарева Е.А., Куркаева Е.В., Березина А.И. Усиление колонн зданий и сооружений путем устройства обойм из композитных материалов	197
Tokareva E.A., Kurkaeva E.V., Berezina A.I. Reinforcement of columns of buildings and structures by device of clips from composite materials	
Триандофилиди Ю.С., Ольховатов Е.А. Возвратные отходы бисквитных изделий как вторичные сырьевые ресурсы спиртового производства	201
Triandofilidi Yu.S., Olkhovатов E.A. Returnable waste of biscuit products as secondary raw materials of alcohol production	
Чичиков Д.И., Гура Д.А., Дражецкий Д.А., Панченко Е.А. Программное обеспечение для моделирования объектов недвижимости на основе данных трехмерного лазерного сканирования	205
Chichikov D.I., Gura D.A., Drazhetsky D.A., Panchenko E.A. Real estate modeling software based on three-dimensional laser scanning data	
Шишковская О.А., Винникова Д.Д. Современные материалы и технологии отделки фасадов при реконструкции	210
Shishkovskaya O.A., Vinnikova D.D. Modern materials and technologies for finishing facades during reconstruction	
Щеглова Я.Э., Леонова А.Н. Особенности возведения надстроек и пристроек при реконструкции зданий	216
Sheglova Ya.E., Leonova A.N. Features of the construction of superstructures and extensions during the reconstruction of buildings	

Щербак Д.А., Носуля И.С. Проблема использования закаленной стали в строительстве	220
Shcherbak D.A., Nosulya I.S. The problem of using hardened steel in construction	
Щуров С.А. Морозостойкость бетона	222
Shchurov S.A. Frost resistance of concrete	
Юсубов Ф.В. оглы Оптимизация процесса адсорбции газовой смеси при высоких давлениях	224
Yusubov F.V. oglu Optimization of the adsorption of a gas mixture at high pressures	
Яруш Д.В. Проблемы в области коррозии стали в бетоне	226
Yarush D.V. Problems in the field of corrosion of steel in concrete	

НАУКИ О ЗЕМЛЕ SCIENCES ABOUT THE EARTH

Витязев Я.Д., Савенок О.В. Анализ текущего состояния и перспективы разработки висового нефтяного месторождения	231
Vityazev Ya.D., Savenok O.V. Analysis of the current state and prospects for the visovoye oil field development	
Задиракина М.А., Савенок О.В. Геолого-промысловая характеристика Северо-Салымского месторождения и анализ его текущего состояния разработки	247
Zadirakina M.A., Savenok O.V. Geological and field characteristics of the North-Salymskoye field and analysis of its current state of development	
Ибрагимов Р.С. оглы, Бахшалиева Ш.О. кызы, Ибрагимов З.Р. оглы Исследование напряжения действующий на водоотделяющую колонну пробуренных с полупогружных буровых установках	265
Ibrahimov R.S., Bahshaliyeva Sh.O., Ibrahimov Z.R. Investigation of stress acting on the riser of semi-submersible drilling rigs	
Ильясов В.Х., Савенок О.В. Анализ депарафинизации скважин Хасырейского месторождения	271
Ilyasov V.Kh., Savenok O.V. Analysis of deparaffinization of wells of the Khasyreyskoye oil field	
Матейчук Л.В., Савенок О.В. Моделирование показателей проведения ГТМ на скважинах Южно-Терехевейского месторождения и анализ их эффективности	292
Mateichuk L.V., Savenok O.V. Modeling the performance of geological and technical measures on the wells of the South-Terekheveyskoye field and analysis of their effectiveness	

Савенок О.В., Кусова Л.Г.
Анализ геолого-промысловой информации
для проектирования геолого-технических мероприятий
на Южно-Русском нефтегазоконденсатном месторождении 312
Savenok O.V., Kusova L.G.
Analysis of geological and field information for the design of geological and
technical measures on the South-Russkoye oil and gas condensate field

Смирнов Д.С., Савенок О.В.
Геолого-промысловая характеристика и особенности разработки
Западного нефтегазоконденсатного месторождения 328
Smirnov D.S., Savenok O.V.
Geological and field characteristics and development features of
the Zapadnoye oil and gas condensate field

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

PEDAGOGICAL SCIENCES

Питкин В.А., Ерлыков М.А.
Русский язык. Невербальный аспект коммуникации 349
Pitkin V.A., Erlykov M.A.
Russian. Nonverbal aspect of communication

Питкин В.А., Данько А.О.
Физическая культура – основа жизни 352
Pitkin V.A., Danko A.O.
Physical culture is the basis of life

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



TECHNICAL SCIENCES

УДК 699.86

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ



USE OF ENERGY EFFICIENT FACADE SYSTEMS DURING RENOVATION

Березина Анастасия Игоревна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
nastya.berezina.2011@mail.ru

Токарева Екатерина Александровна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
miss.bewz2017@gmail.com

Куркаева Екатерина Владимировна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
katya.kurkaeva@mail.ru

Аннотация. Основной задачей данной статьи является рассмотрение эффекта энергосбережения за счет применения энергоэффективных решений фасадных систем при реконструкции. Применение таких систем приводит к значительной экономии и улучшению теплозащитных свойств здания.

В данной статье объектами исследования являются фасадные системы и материалы, которые применяются в целях повышения энергоэффективности зданий. В статье исследовано применение как традиционных, так и инновационных теплоизоляционных материалов, которые в свою очередь отвечают экологическим требованиям, созданию «двойных фасадов», «стеклянных оболочек» при реконструкции зданий и сооружений, а также разработке адаптивных строительных систем.

Обусловленность необходимости комплексного подхода, основанного на систематизации знаний и накопленном опыте в области решения проблемы, учитывая использование вторичных ресурсов и источников энергии, являющихся возобновляемыми основывается на том, что оценка эффективности или энергоэффективности конкретных строительных материалов или конструктивных элементов не всегда обеспечивает энергоэффективность фасадных систем в целом.

Ключевые слова: энергосбережение, теплопотери, теплозащита, реконструкция, энергоэффективность, фасадные системы, вентилируемые фасады, керамические панели, теплоизоляционный материал.

Berezina Anastasiya Igorevna

Student,
Kuban State Technological University
nastya.berezina.2011@mail.ru

Tokareva Ekaterina Alexandrovna

Student,
Kuban State Technological University
miss.bewz2017@gmail.com

Kurkaeva Ekaterina Vladimirovna

Student,
Kuban State Technological University
katya.kurkaeva@mail.ru

Annotation. The main objective of this article is to consider the effect of energy saving through the use of energy-efficient solutions for facade systems during reconstruction. The use of such systems leads to significant savings and an improvement in the thermal insulation properties of the building.

In this article, the objects of research are facade systems and materials that are used to improve the energy efficiency of buildings. The article explores the use of both traditional and innovative thermal insulation materials, which in turn meet environmental requirements, the creation of «double facades», «glass shells» in the reconstruction of buildings and structures, as well as the development of adaptive building systems.

The conditionality of the need for an integrated approach based on the systematization of knowledge and accumulated experience in solving the problem, taking into account the use of secondary resources and energy sources that are renewable, is based on the fact that the assessment of the efficiency or energy efficiency of specific building materials or structural elements does not always ensure the energy efficiency of facade systems as a whole.

Keywords: energy saving, heat loss, heat protection, reconstruction, energy efficiency, facade systems, ventilated facades, ceramic panels, thermal insulation material.

В последнее время во всем мире одной из наиболее актуальных проблем стало энергосбережение. Данный факт обусловлен тем, что деятельность человека влечет за собой деструктивное влияние на окружающую среду и также приводит к исчерпанию ряда природных энергетических ресурсов, являющихся невозобновляемыми.

Таким образом, при растущей популярности термина «энергоэффективность» особое внимание следует уделять его применению в области архитектуры и проектирования.

Отметим, что еще недавно энергопотребление зданий не было определяющим показателем качества проекта и построенные ранее здания не рассматривались с позиций энергоэффективности. На данный момент экономия энергоресурсов в условиях формирования комфортной жилой и общественной среды, отвечающей требованиям энергоэффективности и экологичности, является одной из важнейших государственных задач [1].

Ввиду того, что на данный момент энергоэффективность является одним из доминирующих критериев для выбора и применения методики проектирования теплозащиты наружных ограждающих конструкций, необходимо внедрять энергоэффективные системы при реконструкции уже существующих зданий и сооружений.

В первую очередь отметим ряд требований, которым должна отвечать любая современная фасадная система. К этим требованиям относятся:

- повышение теплоизоляционных характеристик здания;
- уменьшение тепловых потерь;
- эстетичный внешний вид [2].

В целях максимально рационального применения энергоэффективных технологий необходимо использовать комплексный подход. Данный подход основывается на:

- составлении энергетических паспортов зданий;
- учете фактического расхода энергоресурсов;
- проверке эффективности теплоизоляции и ограждающих конструкций;
- постоянном мониторинге энергогенерирующих мощностей;
- проведении анализа расхода и повышения эффективности использования теплоносителя.

Отметим, что проблема реконструкции зданий с целью повышения их энергоэффективности становится все более актуальной в связи с тем, что меняются климатические условия и построенные ранее здания не отвечают современным требованиям и нормам.

Чтобы решить вышеупомянутую проблему решения следует выполнить целый ряд мероприятий, которые состоят из модернизации архитектурных и планировочных решений; реконструкцию части конструктивных элементов и систем; внедрение различных инновационных инженерных систем, а также оптимизацию технологий эксплуатации здания или сооружения. Отметим, что повышение теплоизолирующих параметров ограждающих конструкций, высококачественная теплозащита окон, воздухонепроницаемая облицовка зданий, которая будет обеспечивать регенерацию тепловой энергии, полное исключение или минимизация появления мостиков холода является одним из главных векторов в области энергосбережения в зданиях при реконструкции и дает возможность сократить до 30 % энергопотерь [3].

Необходимость в достижении показателей, которые предусмотрены требованиями вновь введенных нормативных документов, определяет потребность в облицовке стен зданий в ходе реконструкции современными эффективными теплоизоляционными материалами. В последнее время в жилищно-гражданском строительстве для обеспечения теплозащиты наиболее популярным становится выполнение наружных стены с применением фасадных энергосберегающих систем [4].

Энергоэффективность фасадных систем зависит от целого ряда факторов, которые включают конструктивные особенности и характеристики применяемых материалов. Многие отечественные и зарубежные ученые проводят исследования в области изучения значения применяемых материалов в целях повышения энергоэффективности зданий и сооружений. Проанализировав ряд исследований было выявлено, что существует несколько направлений достижения энергоэффективности фасадных систем. Отметим, что это осуществляется:

- в ходе применения традиционных и инновационных теплоизоляционных материалов, которые в свою очередь отвечают требованиям экологичности,
- создания новой теплоизоляционной оболочки при реконструкции зданий и сооружений,
- разработки новых адаптивных фасадных систем с использованием светопрозрачных или других конструктивных и теплоизоляционных материалов и т.д.

Ни одно из данных направлений нельзя считать доминирующим, в виду того, что на выбор материала, конструктивной системы фасада, технологии выполнения работ влияют как функциональное назначение и другие характеристики зданий и сооружений, так и климатические условия. Таким образом, для достижения энергоэффективности крайне важен не только выбор самого теплоизоляционного материала, но и оптимизация его толщины в целом, и в частности за счет готовых теплоизоляционных плит, состоящих из органических и неорганических материалов.

Готовыми модульным фасадным элементам считаются также структурные мембранные конструкции из отдельных или комбинированных материалов. Данные материалы могут быть из текстиля, фольги, пленок из этилентетрафторэтилена, поливинилхлорида, политетрафторэтилена, стекла и др. Энергоэффективность фасадов, выполненных из вышеперечисленных материалов проявляется не только на стадии эксплуатации строительных систем, но также на стадии их строительства и является достаточно высокой [5].

Рядом авторов предлагается применять энергоэкономичные вентилируемые светопрозрачные конструкции, которые, в свою очередь, помимо того, что обеспечат повышение теплотехнических характеристик, также обеспечат рекуперацию достаточно большой части теплового потока, который до их применения уходил в атмосферу.

Существуют несколько способов, применяемых для значительного увеличения показателей светопрозрачных конструкций и соответственно их остекления, на данный момент применяются множество инновационных технологий, таких как: применение электрохромных стекол, использование теплоотражающих и многофункциональных стекол нового поколения, применение стекол с фотоэлектрическим эффектом, использование вакуумных стеклопакетов, применение стеклопакетов с электропрогревом, заполнение межстекольного пространства аэрогелем, применение композитных материалов для рамных конструкций. Отметим также, что на данный момент повышение теплотехнических характеристик таких конструкций происходит в основном за счет малоэффективных мероприятий, которые являются экономически невыгодными, ввиду этого рядом авторов был разработан собственный механизм улучшения теплотехнических характеристик. Механизм действия данных систем основан на установке теплоотражающего экрана в воздушной прослойке. Теплоотражающий экран в свою очередь меняет механизмы и условия действия теплопотерь, за счет чего тепловое излучение будет отражаться назад внутрь помещения, нагревать экран и соответственно изменять тепловое поле вокруг него. Основное внимание следует направить на определение верного расположения данного экрана для наиболее эффективного направления тепло от него, а также на то, что его действие в воздушном промежутке совместно с вентилированием непосредственно через этот промежуток с довольно большой рекуперацией тепла и влаги внутрь помещения наружным воздухом способно увеличить тепловой эффект во много раз. Для каждого конкретного случая необходима корректировка расположения теплоотражающего экрана [6].

Применение энергоэффективных вентилируемых светоотражающих конструкций идеально подойдет как для замены старых светоотражающих конструкций, так и для создания дополнительного второго фасада.

Безусловно, применение этого метода санации зданий существенно дороже, чем ряд других, зачастую применяемых при реконструкции, но, по мнению авторов, этот метод уменьшает срок окупаемости затрат на санацию здания а также за счет значительного повышения теплотехнических характеристик.

Также в существующих современных стоечно-ригельных фасадных системах возможна модернизация практически любых фасадов под вышеупомянутую концепцию энергоэффективных светопрозрачных вентилируемых конструкций. Данная система позволит уменьшить относительные затраты за счет того, что в ней функционирует система забора и распределения воздуха, затрагивающая сразу несколько этажей.

При реконструкции многоэтажных каркасных зданий особо актуально применение легких энергоэффективных фасадных систем на основе готовых модулей. В целом ряде научных исследований было рассмотрено использование готовых термопанелей

из инновационных материалов и по инновационным технологиям. Так, например, существует инновационная технология производства термопанели, которая конструктивно представляет собой монолитную плиту, армированную термопрофилями. Данные термопрофили изготавливаются из стали со смещенным шагом просечек. Существует множество преимуществ, которые возникают вследствие использования термопрофилей. К данным преимуществам относятся:

- исключение возникновения «мостиков холода», а также увеличение пути теплового потока и, соответственно, повышение сопротивления теплопередачи;
- значительное снижение материальные, трудовые и финансовые затраты при строительстве и реконструкции массового жилья, тогда как высокие качественные и эксплуатационные показатели сохраняются или даже увеличиваются в случае реконструкции [7];
- особая технология сборки, благодаря которой сокращаются сроки строительного-монтажных работ.

Если же говорить о малоэтажных зданиях, то в данном случае нашли применение акриловые системы теплоизоляции «ЛАЭС», которые используются в целях утепления и декоративной отделки фасадов, как в новом строительстве, так и в случаях реконструкции.

Данные системы представляют собой многослойную конструкцию, в состав которой входит: утеплитель, в качестве которого может выступать пенополистирол или минераловатная плита, который клеится и механически прикрепляется к основанию; базовый слой, который выполняется из клеевого состава, армированного стеклосеткой и соответственно финишного слоя из акриловой декоративной штукатурки высокого качества.

К преимуществам этих систем можно отнести то, что они уменьшают температурные колебания в стенах дома, вызванные воздействиями климата, так же они защищают стены от проникновения снаружи влаги, оказывающей негативное влияние на них низких температурах и немаловажным фактором также является улучшение внешнего облика здания с эстетической стороны.

Ряд ученых в своих исследованиях также рассматривают керамические и композитные фасадные панели, применяемые для устройства энергоэффективных фасадных систем при строительстве и реконструкции зданий. Авторы исследований сравнивали фасадные керамические панели с другими материалами, которые также используются при устройстве вентилируемых фасадов, а именно, со стеновыми панелями из стекла, мрамора и алюминия. Вышеупомянутое сравнение производилось с целью выявления экологических характеристики данных панелей. Результатом исследований явились рекомендации для оптимизации процесса жизненного цикла керамических фасадных панелей в целях повышения экологической эффективности и выбору энергоэффективных фасадных материалов. Для предотвращения «деградации фасадных систем» в ходе эксплуатации зданий и сооружений, а также обеспечения энергоэффективности в большинстве исследований рекомендуется использовать nano материалы и композитные материалы, а также жидкие сверхтонкие изоляционные материалы [8].

В заключении можно сказать, что повышение энергоэффективности уже построенного объекта является крайне важной и достаточно трудоемкой задачей. Любое здание, как новое, так и подлежащее реконструкции должно рассматриваться в виде целостной энергетической системы, которая существует по принципу энергонезависимости, а также эффективного использования природных ресурсов в качестве возобновляемых источников энергии. Для выполнения вышеупомянутых принципов необходимо разрабатывать различные уникальные объемно-планировочные, конструктивные и инженерно-технологические элементы зданий, приспособляющиеся к изменениям наружного климата. Отметим, что в основе концепции климатической адаптации и энергосбережения должна лежать ограждающая конструкция, а именно фасадная система, так как установка энергоэффективных фасадов дает возможность идти по пути актуального на сегодняшний день принципу развития, направленному на будущее и состоящему из таких трех аспектов, как экономия, экология и социально-культурный аспект.

Литература

1. 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.
2. Леонова А.Н., Курочка М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий при реконструкции // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – № 7 (118). – С. 805–813.
3. Асанова Д.В. Энергосберегающий эффект от применения эффективных фасадных систем многоэтажных зданий // Вестник науки Южного Казахстана. – 2021. – № 2 (14). – С. 3–6
4. Карпанина Е.Н., Леонова А.Н. Мониторинг энергоэффективных зданий // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы IX международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки РФ; Сочинский государственный университет. 2016. С. 145-148.
5. Абрамян С.Г., Матвийчук Т.А. К вопросу об энергетической эффективности зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 1 (44). – С. 74–83.
6. 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.
7. 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.
8. 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. 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.
2. 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.
3. Asanova D.V. Energy-saving effect from the use of effective facade systems of multi-storey buildings // Bulletin of Science of South Kazakhstan. – 2021. – № 2 (14). – P. 3–6.
4. Karpanina E.N., Leonova A.N. Monitoring of energy efficient buildings // In the collection: Construction in coastal resort regions. materials of the IX international scientific and practical conference. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Sochi State University. – 2016. – P. 145–148.
5. Abramyan S.G., Matviychuk T.A. On the issue of energy efficiency of buildings and structures // Engineering Bulletin of the Don. – 2017. – № 1 (44). – P. 74–83.
6. Leonova A.N., Sorokina E.N. Constructive advantage and effective functionality of energy-saving facades during the reconstruction of buildings // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2018. – № 9. – P. 206–215.
7. 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. FSBEI HE «KubSTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 119–122.
8. Kalkan S.N., Leonova A.N. Features of modern approaches to the reconstruction of the facades of residential buildings // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 1. – P. 314–316.

УДК 691.714

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА СТАЛИ

◆◆◆◆

EFFECT OF IMPURITIES ON THE PROPERTIES OF STEEL

Варенцов Виталий Витальевич

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
vit.v-12@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается влияние углерода, марганца, кремния и других примесей на свойства стали. В описании отражены как позитивные, так и негативные стороны легирующих элементов. Представлены некоторые допустимые процентные содержания элементов в составе стали.

Ключевые слова: свойства стали, содержание углерода, марганец, графитизация, прочность, раскислители, пластичность, вязкость.

Varentsov Vitaly Vitalievich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named of I.T. Trubilin
vit.v-12@mail.ru

Annotation. In the article the effect of carbon, manganese, silicon and other impurities on the properties of steel. The description reflects both positive and negative aspects of alloying elements. Some permissible percentages of elements in steel are shown.

Keywords: properties of steel, carbon content, manganese, graphitization, strength, deoxidizer, plasticity, viscosity.

З а последнее десятилетие использование черных металлов в качестве сырья для сталеплавильного производства увеличилось. В настоящее время в процессе производства стали металлургическая промышленность использует большое количество различных примесей. Пропорции и объем добавляемых элементов может быть разнообразен. Элементы могут влиять на качество стали косвенно или напрямую, в зависимости от конкретного легирующего элемента (первичный или вторичный). Если наличие элемента требует особых условий обработки стали (например, отжига), тогда считается, что это косвенно влияет на сталь [1]. Однако если элемент влияет на физические свойства стали, либо находясь в твердом состоянии, разделяет границы зерен или образует интерметаллические соединения, тогда считается, что это влияет на качество стали напрямую. Большая часть работы будет сосредоточена на прямом влиянии первичных и вторичных добавок на физические и химические свойства стали.

Углерод является обязательной частью стали любого вида, так как сталь – это сплав железа с углеродом. Допустимым считается 0,3 %, именно после такого количества можно приступить к закалке. Предельно допустимое значение 2,14 %. С увеличением углерода в составе возрастает твердость, упругость и прочность. Но также есть и минусы: обрабатываемость, пластичность и сопротивление нагрузке уменьшаются [2].

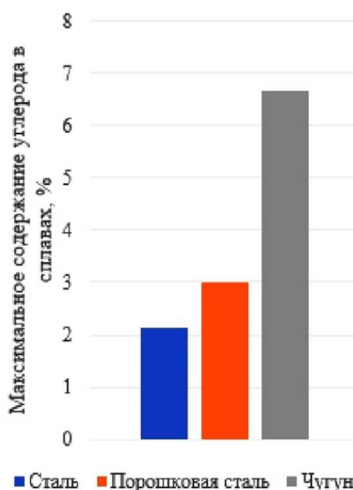


Рисунок 1 – Максимальное содержание углерода в различных материалах

Такие газовые смеси как водород, азот и кислород чаще негативно влияют на качество стали:

1. Водород образует трещины, значительно снижая работоспособность стали, вызывает водородную хрупкость.

2. Азот можно использовать как заменитель углерода, при это достигается гораздо лучший результат в плане хрупкости. Но вызывает нестойкость против динамических нагрузок.

3. Кислород ухудшает механические характеристики.

Марганец в основном известен как стабилизатор Fe₃C в черной металлургии. При определенных условиях, карбид железа может диссоциировать на металлическое железо и графит в процессе, известном как графитизация. Однако хорошо известно, что добавление 0,3 % марганца гарантирует, что графитизация не произойдет. Марганец также предотвращает разрыв стали во время горячей прокатки иликовки. Присутствие примесей FeS приводит к потере прочности металла на локализованных участках, особенно при горячей прокатке из-за своей хрупкости [3]. Однако добавление марганца способствует образованию сульфида марганца (MnS), а не FeS. Включения сульфида марганца обычно рассредоточены по стали и достаточно пластичны, чтобы деформироваться во время нормального нагрева, прокатки иликовки. Обычно достаточно отношения марганца к сере 8:1 для подавления жаростойкости.

Кремний косвенно приносит пользу стали благодаря ряду процессов. Во-первых, кремний окисляется с образованием кремнезема (SiO₂) во время продувки кислородом для удаления, в основном, углерода. Кремний также играет важную роль в раскислении жидкой стали [4]. Обычно, перед началом разливки, необходимо раскислить расплав. Кремний в форме куска, порошка или стержня добавляется в расплав и является основным раскислителем производства заготовки для сортового проката и конструкционных изделий. Как упоминалось выше, в разделе марганца, кремний увеличивает вероятность появления графитизации. Кремний показывает увеличение прочности на разрыв за счет образования силикатных включений, но это снижает обрабатываемость материала. Сплавы с высоким содержанием кремния также используются для специальных электротехнических сталей из-за их способности увеличивать проницаемость и удельное электрическое сопротивление, а также уменьшить гистерезисные потери. Это сделало кремнистую сталь привлекательным выбором для трансформаторов, пластины для электродвигателей, генераторы и реле.

Хром в основном известен тем, что значительно увеличивает коррозионную стойкость стали, когда присутствует в концентрациях более 4 %, что используется в огромном количестве современных нержавеющих стальных сплавов. Хром также усиливает образование карбидов, что может улучшить износостойкость. Как и в случае с никелем, хром в твердом растворе, но снижает пластичность, увеличивает глубину закаливваемости. Хром вызывает несколько, но существенных косвенных проблем в сталеплавильном производстве [5]. Оксид хрома стабилен только при очень высоких температурах и поэтому не может быстро окисляться при нормальных условиях рабочих температур. Для этого требуется больше тепла, более длительное время нагрева. 13 % хрома гарантированно делает сталь нержавеющей.

Фосфор дает стали ряд положительных преимуществ, таких как улучшенная прокаливаемость, коррозионная стойкость и обрабатываемость (только для вторично сульфированных сталей) [6]. Однако эти положительные эффекты сильно перевешиваются большими потерями пластичности и вязкости. Поэтому фосфор почти во всех случаях считается нежелательной примесью.

Вывод: так или иначе примеси присутствуют в составе стали. Некоторые из них являются вредными, такие как азот, кислород и водород. Примеси добавляют в целях достижения лучших показателей качества стали под разные задачи. Из вышерассмотренных примеров видно, что легированные элементы оказывают ощутимое влияние на механические и технологические свойства стали. Нельзя не отметить тот факт, что нет такого элемента, который бы давал исключительно положительный эффект, нужно учитывать и негативные моменты включения в состав тех или иных веществ. Допустимые количества примесей указываются в стандартах.

Литература

1. Шиховцов А.А. Влияние внутренних и внешних факторов на замедленное хрупкое разрушение стали // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11. – Ч. 9. – С. 1841–1845.
2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Кинетика и микромеханика замедленного разрушения стали // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4. – С. 858–861.
3. Ильинский В.А., Костылева Л.А., Гребнев Ю.В. Оптимизация состава литой среднеуглеродистой стали // *Сталь*. – 1985. – № 1. – С. 24–26.
4. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2013. – № 4. – С. 134–135.
5. Мишин В.М., Шиховцов А.А. Локальное замедленное разрушение порошковых сталей, содержащих мартенсит // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2015. – № 11. – С. 665–667.
6. Гребнев Ю.В., Краева Н.Г. Влияние химсостава на структурную неоднородность и хладноломкость стали 45ФЛ // *Литейное производство*. – 2000. – № 4. – С. 7–9.

References

1. Shikhovtsov A.A. Influence of internal and external factors on delayed brittle fracture of steel // *Fundamental research*. – 2013. – № 11. – Part 9. – P. 1841–1845.
2. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Kinetics and micromechanics of delayed fracture of steel // *Fundamental research*. – 2013. – № 4. – P. 858–861.
3. Ilyinsky V.A., Kostyleva L.A., Grebnev Yu.V. Optimization of the composition of cast medium-carbon steel // *Steel*. – 1985. – № 1. – P. 24–26.
4. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Influence of stress concentration on threshold loads during delayed fracture of steel parts // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. – 2013. – № 4. – P. 134–135.
5. Mishin V.M., Shikhovtsov A.A. Local delayed destruction of powder steels containing martensite // *International Journal of Experimental Education*. – 2015. – № 11. – P. 665–666.
6. Grebnev Yu.V., Kraeva N.G. Effect of chemical composition on structural heterogeneity and cold brittleness of steel 45FL // *Foundry production*. – 2000. – № 4. – P. 7–9.

УДК : 004.9/004.65:692

ВІМ-ТЕХНОЛОГИИ: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ



BIM-TECHNOLOGIES: ADVANTAGES, DISADVANTAGES AND APPLICATION POSSIBILITIES

Грибкова Лариса Алексеевна

ассистент кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет
larisa.gri2012@mail.ru

Кононенко Валерия Витальевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
kononenko.lera03@mail.ru

Дражецкий Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
drzhetsky@mail.ru

Аннотация. Информационное моделирование зданий или BIM – это современная технология, дающая нам возможность управления на протяжении всего жизненного цикла проекта, от его проектирования до ввода в эксплуатацию. Позволяет создавать и управлять документами, обеспечивает возможность координации и моделирования. Целью статьи является обзор основных плюсов и минусов использования BIM-технологий, анализ рациональности использования BIM и ответ на вопрос, почему большинство заказчиков предпочитают информационную модель проекта традиционной.

Ключевые слова: BIM-технологии, информационная модель, BIM-модель, строительство, проектирование, недостатки BIM.

Gribkova Larisa Alekseevna

Assistant of the Department of
Cadastre and Geoengineering,
Kuban State Technological University
larisa.gri2012@mail.ru

Kononenko Valeriya Vitalievna

Student,
Kuban State Technological University
kononenko.lera03@mail.ru

Drazhetsky Daniil Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
drzhetsky@mail.ru

Annotation. Building Information Modeling or BIM is a modern technology that gives us the ability to manage throughout the entire life cycle of a project, from its design to commissioning. Allows you to create and manage documents, provides the ability to coordinate and model. The article is aimed at reviewing the main pros and cons of using BIM-technologies, analyzing the rationality of using BIM and answering the question of why most customers prefer the information model of the project to the traditional one.

Keywords: BIM technologies, information model, BIM model, construction, design, disadvantages of BIM.

В ІМ-технологии или же информационное моделирование зданий – это новый вид моделирования, процесс, который основывается на создании интеллектуальных 3D моделей проектов. На сегодняшний день невозможно представить сферу строительства без BIM-технологий. Они служат совокупностью информационных, правовых и экономических систем, которые создавались для упрощения и ускорения работы проектировщиков, строителей и других смежных профессий, при создании проектов недвижимости [1].

В самом начале возник вопрос о сути, преимуществах и назначениях новых, для того времени, методах моделирования и BIM-технологиях. Но ответы нашлись довольно быстро, как и сферы применения для BIM. В настоящее время технология BIM используется для проектирования и документирования объектов строительства (рис. 1). Модели, созданные благодаря BIM технологиям, используются для анализа различных вариантов проекта, наглядного пособия, помогающего понять как объект будет выглядеть на самом деле, расчёта возможных отклонений при возведении реального объекта, создании проектной документации.

Переход от «традиционных проектов», которые выполнялись «от руки», к «информационным моделям зданий» произошел довольно быстро за счёт их уникальных качеств: удобства хранения, передачи и доступности данных при использовании информационных моделей проектов.



Рисунок 1 – Сферы использования

Таким образом, можно выделить одни из основных плюсов использования BIM-технологий в сфере строительства:

1. Удобство хранения и передачи данных между участниками проектов. При использовании информационной модели не возникает проблем передачи документации от одного участника проекта к другому. При хранении и эксплуатации информационной модели уменьшается риск утери и «порчи» документации проекта.

2. Визуальная модель объекта, которая содержит не только графические данные, но и информационные. Это уменьшает количество документации проекта, собирая в единое целое саму модель объекта и техническую информацию о нём.

3. Экономия времени при создании документации к объекту.

4. Автоматизация управления строительной техникой.

5. Создание единой базы.

6. Упрощенное взаимодействие между участниками проектов. Немаловажной деталью является улучшение взаимодействия между заинтересованными сторонами и участниками проектов, которое благодаря BIM-технологиям, например, облачным хранилищам, возможно, осуществлять в реальном времени, что ускоряет работу обеих сторон [2, 3].

7. Стандартизация и типизация объектов строительства. Необходимо отметить, что стандартизация и типизация объектов строительства достигается путем автоматизации, что экономит огромное время при производстве. Для стандартизации и типизации используются «умные» семейства, что является основой BIM сценариев (из этого вытекает минус – уникальность зданий).

Таким образом, BIM технологии – это уникальная совокупность разносторонних методов и систем, которые призваны упростить и улучшить работу строителей и архитекторов. В умелых руках, сферы применения технологий ограничиваются лишь фантазией и мышлением человека.

Именно из-за того, что при внедрении BIM-технологии создается информационную модель позволяющую детально контролировать проект на любом этапе производства, сопровождая проектирование конструкторскими расчётами, возможные затраты будут минимальны [4]. Это даёт возможность экспериментировать с формами и материалами, надолго оставляя «невыполнимые» проекты в цифровом виде, пока не появится возможно воплотить проекты с помощью новых материалов или технологий [5].

Из этого можно сделать вывод, что новые технологии BIM имеют огромный ряд преимуществ, и на первый взгляд не имеют минусов. Но, к сожалению, всё же есть ряд недостатков, о которых хотелось бы поговорить дальше.

Первым и немаловажным недостатком является стоимость программного обеспечения BIM. Цена может достигать до 6000–12000 \$. Из чего выходит сразу же и следующий минус – монополия в сфере BIM. Это происходит из-за того, что более мелкие компании не могут позволить себе дорогостоящее оборудование и программное обеспечение [6].

Так же, из-за того, что BIM-технологии являются новшеством, то и многим специалистам необходимо проходить обучение для повышения квалификации и работы с BIM. Обучение процессам и работе с технологиями тоже имеет высокий ценник, что доступно не всем компаниям.

Следующий недостаток, который можно выделить – это направленность на архитектурные проблемы. BIM хорош для решения проблем формообразования, использования пространства и представления проекта, но для проведения расчета необходимо использование других программ.

Нельзя не сказать о еще одном немаловажном факте – потеря существующих практик при переходе на использования BIM, так как технология просто не может учитывать имеющийся процесс. Эту проблему можно избежать единственным способом – начинать всё «с чистого листа» [7].

Несмотря на все вышесказанные неудобства и недостатки, можно сказать, что всё больше и больше компаний и людей переходит на использование BIM технологий из-за неоспоримых плюсов этих технологий и востребованности проектов, созданных с помощью технологий BIM, у заказчиков. Востребованность проектов, созданных с помощью BIM-проектирования, связана с удобством взаимодействия участников проекта, сокращения ошибок и простоев на стройке с использованием информационной модели. Мировой архитектурно-строительной отрасли требуются наиболее эффективные способы проектирования и строительства, которые смогут позволить удовлетворить текущие мировые потребности.

С помощью BIM можно не только повысить эффективность работы специалистов, но также оно позволяет сохранять данные, созданные во время работы для дальнейшей эксплуатации и обслуживания объекта. Данные BIM возможно применять и для организации планирования даже на уровне города или страны. Это является ключевым моментом, почему интерес к технологии BIM постоянно растет.

Все основные недостатки BIM связаны с тем, что это новая, малоизученная технология, которая требует внимательного изучения и разбора перед использованием, а монополизация рынка связана лишь со стоимостью оборудования и ПО. По прогнозам, уже через 10 лет цена использования BIM снизится, что поможет выйти из монополизации рынка сферы строительства [8].

BIM-технологии позволяют сделать доступнее и проще те процессы, которые ранее занимали довольно много времени. Так, например, стало возможно объединение беспилотных технологий и BIM. При помощи БПЛА проводят фотограмметрическую съемку, а также все больше набирает популярность применение LiDAR и дальше в программном обеспечении уже проводится обработка данных и их классификация. Результатом является получение 3D модели местности, которая может применяться в различных сферах. В итоге это позволит сократить сроки работы в разы.

Таким образом, в заключении можно отметить, что переход на BIM-моделирование является очень рациональным и правильным решением, которое помогает, упрощает и ускоряет процесс создания проекта.

Литература

1. Грибкова И.С., Гура Д.А., Бровкова Я.В. Разработка методики создания информационных систем для рационального управления земельно-имущественным комплексом // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 4.
2. Гура Д.А., Потужная И.Р. Новый уровень использования BIM-технологии в строительстве // Научные труды КубГТУ. – 2019. – № 2.
3. Яковлева С.А. Преимущества и недостатки использования BIM при проектировании // Stud Arctic forum. – 2017. – № 3 (7).
4. Гура Д.А., Потужная И.Р., Марковский И.Г. Как происходит экономия при строительстве с помощью использования технологий BIM // Научные труды КубГТУ. – 2019. – № 1.
5. Гура Д.А., Потужная И.Р. Передовые технологии в BIM и процессы их работы // Научные труды КубГТУ. – 2018. – № 2.
6. Абалтусов Ю.А., Чатуров В.В. BIM-технологии. Проблемы их внедрения и перспективы развития в строительстве и проектировании // Молодой учёный. – 2019. – № 25 (263).
7. Сусоев И.С. Плюсы и минусы внедрения технологии в строительстве // Жилищное хозяйство в России : стат.сб. / Росстат. – М., 2013.
8. Беликова А.С., Варибрус Д.С. BIM-проектирование в строительстве // Инновационная наука. – 2019. – № 4.

References

1. Gribkova I.S., Gura D.A., Brovkova Ya.V. Development of methods for creating information systems for rational management of land and property complex // Scientific works of KubSTU. – 2017. – № 4.
2. Gura D.A., Potuzhnaya I.R. A new level of using BIM technology in construction // Scientific works of KubSTU. – 2019. – № 2.
3. Yakovleva S.A. Advantages and disadvantages of using BIM in design // Stud Arctic forum. – 2017. – № 3 (7).
4. Gura D.A., Potuzhnaya I.R., Markovsky I.G. How savings occur during construction using BIM technologies // Scientific works of KubSTU. – 2019. – № 1.
5. Gura D.A., Potuzhnaya I.R. Advanced technologies in BIM and their work processes // Scientific works of KubSTU. – 2018. – № 2.
6. Abaltusov Yu.A., Chaturon V. In BIM technology. Problems of their implementation and prospects of development in construction and design // Young scientist. – 2019. – № 25 (263).
7. Susoev I.S. Pros and cons of the introduction of technology in construction // Housing in Russia : stat. sb. / Rosstat. – M., 2013.
8. Belikova A.S., Varibrus D.S. BIM-design in construction // Innovative science. – 2019. – № 4.

**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 семи этапов. Выявлена зависимость потребляемой электроприводом энергии от второй производной угловой скорости.

Ключевые слова: энергетические характеристики, программно-управляемых, второй производной угловой скорости, семиэтапная диаграмма.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate Professor
of Department of Power Supply Industrial
Enter Prises,
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 software controlled optimum in terms of speed electric actuators. The diagram has seven stages. The dependence of the energy consumed by the electric drive on the second derivative of the angular velocity is revealed.

Keywords: energy characteristics, software controlled, second derivative of the angular velocity, seven-stage diagram.

В монографии [1] подробно проанализированы оптимальные по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электроприводов:

- для малых перемещений, состоящей из 3 этапов;
- для средних перемещений, состоящей из 5 этапов;
- для больших перемещений, состоящей из 7 этапов.

При этом рассматривались только механические координаты.

В данной работе проводится исследование энергетических характеристик программно-управляемых оптимальных по быстродействию электроприводов с целью выявить зависимость потребляемой электроприводом энергии от второй производной угловой скорости.

Для больших перемещений существуют такие значения перемещений, которые постоянны для всех диаграмм при различных значениях второй производной угловой скорости. Предлагается провести исследования для больших перемещений электропривода.

На рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода (механические координаты). На рисунке приняты следующие обозначения:

φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

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

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

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

- t – время, с;
 $\varphi_{\text{нач}}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
 $\varphi_{\text{кон}}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
 $\omega_{\text{доп}}$ – допустимое значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$;
 $\omega_{\text{доп}}^{(1)}$ – допустимое значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$;
 $\omega_{\text{max}}^{(2)}$ – максимальное значение второй производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$;
 t_1 – длительность первого, третьего, пятого и седьмого этапов;
 t_2 – длительность второго и шестого этапов;
 t_3 – длительность четвертого этапа.

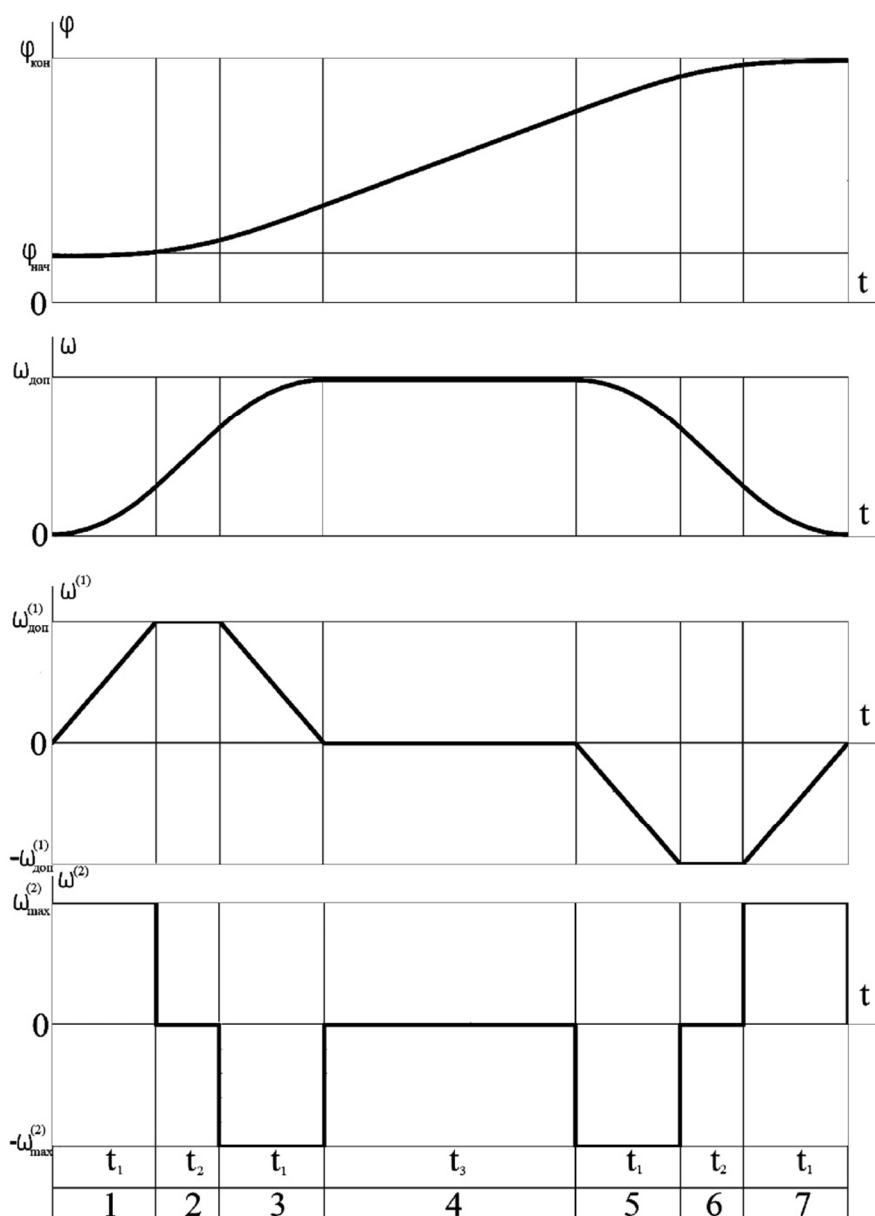


Рисунок 1 – Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода (механические координаты)

На рисунке 2 представлены оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию 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;
- $I_{доп}$ – 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;

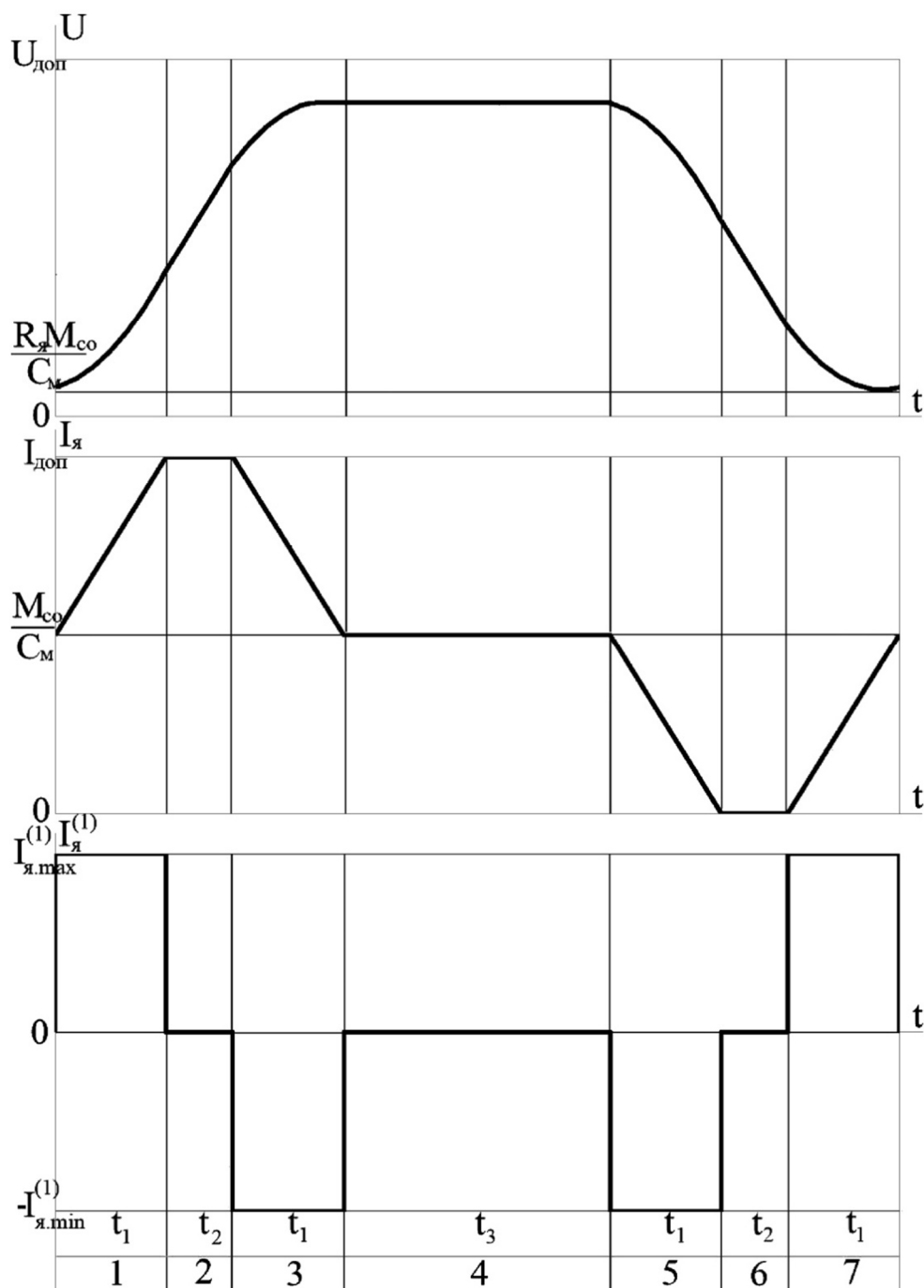


Рисунок 2 – Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстродействию электропривода (электрические координаты)

Для данного электропривода справедливо соотношение

$$\omega_{\text{доп}}^{(1)} = \frac{C_M \cdot I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot [M_{\text{CO}} \cdot t^2 + J \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot t^3] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \times$$

$$\times \left\{ M_{\text{CO}}^2 + 2M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot t + J^2 \cdot [\omega_{\text{max}}^{(2)}]^2 \cdot t^2 \right\} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot \omega_{\text{max}}^{(2)} [M_{\text{CO}} + J \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot t];$$

$$W_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot t_1^3 + \frac{1}{8} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot [\omega_{\text{max}}^{(2)}]^2 \cdot t_1^4 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_1 +$$

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

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

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

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

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

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

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

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = 0;$$

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

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 \cdot (t - t_1) \right] + J \omega_{\text{max}}^{(2)} \times \right. \\ \left. \times \left[\frac{1}{2} t_1^3 + t_1^2 \cdot (t - t_1) \right] \right\} + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{\text{CO}}^2 + 2M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot t_1 + J^2 \cdot [\omega_{\text{max}}^{(2)}]^2 \cdot t_1^2 \right\};$$

$$W_2 = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot \left(\frac{1}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) + \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot [\omega_{\text{max}}^{(2)}]^2 \cdot \left(\frac{1}{2} t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right) + \\ + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_2 + 2 \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}} J \omega_{\text{max}}^{(2)} \cdot t_1 t_2 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot [\omega_{\text{max}}^{(2)}]^2 \cdot t_1^2 t_2.$$

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

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

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

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2\right) + \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1 - t_2) - \frac{1}{2}\omega_{\max}^{(2)} \times (t - t_1 - t_2)^2;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{1}{6}t_1^3 + \frac{1}{2}t_1^2t_2 + \frac{1}{2}t_1t_2^2\right) + \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2\right) \times (t - t_1 - t_2) + \frac{1}{2}\omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2)^2 - \frac{1}{6}\omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - t_1 - t_2)^3;$$

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

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

$$U(t) = C_e\omega_{\max}^{(2)} \cdot \left[\left(\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2\right) + t_1 \cdot (t - t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1 - t_2)^2 \right] + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(2)} \cdot [t_1 - (t - t_1 - t_2)] \right\} - \frac{L_{\text{я}}J}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\max}^{(2)};$$

$$P(t) = \frac{C_e}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot \left[\left(\frac{1}{2}t_1^2 + t_1t_2\right) + t_1 \cdot (t - t_1 - t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - t_1 - t_2)^2 \right] + J\omega_{\max}^{(2)} \cdot \left[\left(\frac{1}{2}t_1^3 + t_1^2t_2\right) + \left(\frac{1}{2}t_1^2 - t_1t_2\right) \times (t - t_1 - t_2) - \frac{3}{2}t_1 \cdot (t - t_1 - t_2)^2 + \frac{1}{2} \cdot (t - t_1 - t_2)^3 \right] \right\} +$$

$$+ \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}} \cdot \left\{ M_{\text{CO}}^2 + 2M_{\text{CO}}J\omega_{\max}^{(2)} \cdot [t_1 - (t - t_1 - t_2)] + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \times [t_1^2 - 2t_1 \cdot (t - t_1 - t_2) + (t - t_1 - t_2)^2] \right\} - \frac{L_{\text{я}}J}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\max}^{(2)} \times \left\{ M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(2)} \cdot [t_1 - (t - t_1 - t_2)] \right\};$$

$$W_3 = \frac{C_e}{C_{\text{М}}} \cdot M_{\text{CO}}\omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{5}{6}t_1^3 + t_1^2t_2\right) + \frac{C_e}{C_{\text{М}}} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot \left(\frac{3}{8}t_1^4 + \frac{1}{2}t_1^2t_2\right) + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_1 + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}^2} \cdot M_{\text{CO}}J\omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1^2 + \frac{1}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot t_1^3 - \frac{L_{\text{я}}J}{C_{\text{М}}^2} \cdot M_{\text{CO}}\omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{\text{я}}J^2}{C_{\text{М}}^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot t_1^2.$$

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

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

$$\omega^{(1)}(t) = 0;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1t_2);$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(t_1^3 + \frac{3}{2}t_1^2t_2 + \frac{1}{2}t_1t_2^2\right) + \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1t_2) \times (t - 2t_1 - t_2);$$

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{1}{C_{\text{М}}} \cdot M_{\text{CO}};$$

$$I_{\text{я}}^{(1)}(t) = 0;$$

$$U(t) = C_e\omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1t_2) + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}} \cdot M_{\text{CO}};$$

$$P(t) = \frac{C_e}{C_{\text{М}}} \cdot \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1t_2) + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}} \cdot M_{\text{CO}}^2;$$

$$W_4 = \frac{C_e}{C_{\text{М}}} \cdot M_{\text{CO}}\omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2t_3 + t_1t_2t_3) + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{М}}^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_3.$$

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

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

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

$$\begin{aligned} \omega(t) &= \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2; \\ \varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(t_1^3 + \frac{3}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \\ &+ \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{6} \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^3; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot \left[M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) \right]; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(2)}; \\ U(t) &= C_e \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left[(t_1^2 + t_1 t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] + \\ &+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot \left[M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) \right] - \frac{L_{\text{я}} J}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(2)}; \\ P(t) &= C_e \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot \left[(t_1^2 + t_1 t_2) - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 \right] - \right. \\ &- J \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left. \left[(t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^3 \right] \right\} + \\ &+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \left\{ M_{\text{CO}}^2 - 2M_{\text{CO}} J \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \times \right. \\ &\times (t - 2t_1 - t_2 - t_3)^2 \left. \right\} - \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left[M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - t_3) \right]; \\ W_5 &= \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{5}{6} t_1^3 + t_1^2 t_2 \right) - \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot \left(\frac{3}{8} t_1^4 + \frac{1}{2} t_1^3 t_2 \right) + \\ &+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_1 - \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} J \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1^2 + \frac{1}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot t_1^3 - \\ &- \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{L_{\text{я}} J^2}{C_M^2} \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot t_1^2. \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \omega^{(2)}(t) &= 0; \\ \omega^{(1)}(t) &= -\omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1; \\ \bar{\omega}(t) &= \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) - \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3); \\ \varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{11}{6} t_1^3 + \frac{5}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) + \\ &+ \omega_{\max}^{(2)} \cdot (t_1^2 + t_1 t_2) \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) - \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 \times (t - 3t_1 - t_2 - t_3)^2; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot \left[M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 \right]; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= 0; \\ U(t) &= C_e \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left[\left(\frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) \right] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot \left[M_{\text{CO}} - J \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 \right]; \\ P(t) &= C_e \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot \left[\frac{1}{2} (t_1^2 + t_1 t_2) - t_1 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) \right] - \right. \\ &- J \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left. \left[\left(\frac{1}{2} t_1^3 + t_1^2 t_2 \right) - t_1^2 \cdot (t - 3t_1 - t_2 - t_3) \right] \right\} + \\ &+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \left\{ M_{\text{CO}}^2 - 2M_{\text{CO}} J \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot t_1^2 \right\}; \\ W_6 &= \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{1}{2} t_1^2 t_2 + \frac{1}{2} t_1 t_2^2 \right) - \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \times \\ &\times \left(\frac{1}{2} t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right) + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_2 - 2 \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}} J \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1 t_2 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot t_1^2 t_2. \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left(\frac{11}{6} t_1^3 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3 \right) +$$

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

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

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

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

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

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

$$P(t) = C_e \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} \cdot \left[\frac{1}{2} t_1^2 - t_1 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) + \right. \right.$$

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

$$\left. + J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot \left[t_1^2 - 2t_1 \cdot (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3) + (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)^2 \right] \right\} + \frac{L_{\text{я}} J}{C_M^2} \cdot \omega_{\max}^{(2)} \cdot \left\{ M_{\text{CO}} + \right.$$

$$\left. + J \omega_{\max}^{(2)} \cdot [-t_1 + (t - 3t_1 - 2t_2 - t_3)] \right\};$$

$$W_7 = \frac{1}{6} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\max}^{(2)} \cdot t_1^3 - \frac{1}{8} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot t_1^4 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot t_1 -$$

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

Электроэнергия, потреблённая якорной цепью электропривода за цикл:

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

$$+ \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot (4t_1 + 2t_1 + t_3) + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot \left(\frac{4}{3} t_1^3 + 2t_1^2 t_2 \right).$$

Так как $\omega_{\max}^{(2)} \cdot (2t_1^2 + 3t_1^2 t_2 + t_1 t_2^2 + t_1^2 t_3 + t_1 t_2 t_3) = (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$ и

$$(4t_1 + 2t_1 + t_3) = T_{\text{ц}}, \text{ то}$$

$$W = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{\text{CO}} \omega_{\max}^{(2)} \cdot (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 \cdot T_{\text{ц}} + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[\omega_{\max}^{(2)} \right]^2 \cdot \left(\frac{4}{3} t_1^3 + 2t_1^2 t_2 \right),$$

где $T_{\text{ц}}$ – время цикла, с.

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, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$;

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

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

J – момент инерции электропривода, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

На контролируемые координаты электропривода наложены ограничения:

$$U_{\text{доп}} = 250 \text{ В}; I_{\text{доп}} = 8 \text{ А}; \omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

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

При этом первая производная угловой скорости электродвигателя равна

$$\omega_{\text{доп}}^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}.$$

В работе выполнен численный эксперимент, результаты которого приведены в таблице 1. При этом перемещение исполнительного органа имело постоянное значение $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = 800 \text{ рад}$.

Таблица 1 – Результаты численного эксперимента

$\omega_{\text{max}}^{(2)}$, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^3}$	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	$T_{\text{ц}}$, с	$\varphi_{\text{гр.2}}$, рад	Q_1 , Дж	W_1 , Дж
62,5	1,6	0	1,8	8,2	512	$826\frac{2}{3}$	$4826\frac{2}{3}$
80	1,25	0,35	2,15	7,85	456	$817\frac{1}{3}$	$4817\frac{1}{3}$
100	1	0,6	2,4	7,6	416	$810\frac{2}{3}$	$4810\frac{2}{3}$
125	0,8	0,8	2,6	7,4	384	$805\frac{1}{3}$	$4805\frac{1}{3}$
160	0,625	0,975	2,775	7,225	356	$800\frac{2}{3}$	$4800\frac{2}{3}$
200	0,5	1,1	2,9	7,1	336	$797\frac{1}{3}$	$4797\frac{1}{3}$
250	0,4	1,2	3,0	7,0	320	$794\frac{2}{3}$	$4794\frac{2}{3}$
320	0,3125	1,2875	3,0875	6,9125	306	$792\frac{1}{3}$	$4792\frac{1}{3}$
400	0,25	1,35	3,15	6,85	296	$790\frac{2}{3}$	$4790\frac{2}{3}$
500	0,2	1,4	3,2	6,8	288	$789\frac{1}{3}$	$4789\frac{1}{3}$
625	0,16	1,44	3,24	6,76	281,6	$788\frac{4}{15}$	$4788\frac{4}{15}$
800	0,125	1,475	3,275	6,725	276	$787\frac{1}{3}$	$4817\frac{1}{3}$
1000	0,1	1,5	3,3	6,7	272	$786\frac{2}{3}$	$4786\frac{2}{3}$

Выводы

Анализ полученных результатов показывает, что при увеличении второй производной угловой скорости исполнительного органа программно-управляемого оптимального по быстрдействию электропривода, уменьшается потребляемая электроэнергия.

Литература

1. Добробаба Ю.П., Хорцев А.Л. Особо точный позиционный электропривод постоянного тока: монография. – Краснодар : Изд-во ФГБОУ ВПО «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 ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ
ПЕРВОГО ВИДА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА**



RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE POWER SUPPLY OF THE FIRST 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

Шкерета Эдуард Денисович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Ефремов Елисей Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В настоящее время широко используются электроприводы с импульсными источниками питания. В таких электроприводах имеются фильтры, поэтому возможны колебательные переходные процессы. Разработан алгоритм формирования аперiodических переходных процессов в электроприводе с источниками питания первого вида.

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

Dobrobaba Yury Petrovich

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

Shkereda Eduard Denisovich

Student,
Kuban State Technological University

Efremov Elisey Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. Currently, electric drives with switching power supplies are widely used. These drives are equipped with filters, so oscillatory transients are possible. An algorithm for the formation of aperiodic transient processes in an electric drive with power supplies of the first type has been developed.

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

В работе [1] подробно исследованы динамические характеристики электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Такие исследования справедливы при плавном изменении напряжения, приложенного к якорной цепи двигателя. В настоящее время всё большее применение находят электроприводы с импульсным изменением напряжения, приложенного к якорной цепи двигателя. Так как импульсные преобразователи имеют фильтр, то необходимо учитывать влияние параметров источника питания на динамические характеристики электропривода.

В данной работе исследуется влияние параметров импульсного преобразователя первого вида (источник питания имеет внутреннее сопротивление и фильтр, состоящий из ёмкости и дросселя).

На рисунке 1 представлена расчётная схема электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения и источником питания первого вида.

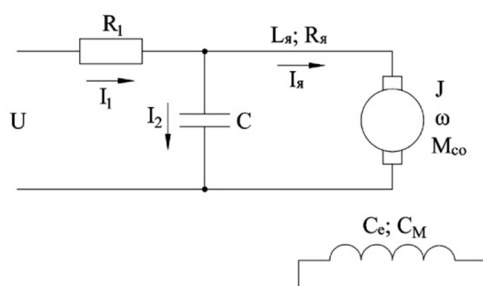


Рисунок 1

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В; I_1 – ток, протекающий через внутреннее сопротивление 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; R_1 – внутреннее сопротивление источника питания, Ом; C – ёмкость фильтра источника питания, Ф; $L_я$ – индуктивность якорной цепи электропривода (сумма индуктивностей дросселя и якоря двигателя), Гн; $R_я$ – сопротивление якорной цепи электропривода, Ом; J – момент инерции исполнительного органа электропривода, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; 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;

Математическая модель системы:

$$\begin{cases} U = R_1 I_1 + \frac{1}{C_p} \cdot I_2; \\ U = R_1 I_1 + C_e \omega + L_я p I_я + R_я I_я; \\ I_1 = I_2 + I_я; \\ C_M I_я = M_{со} + J p \omega. \end{cases}$$

После преобразования система представима в виде:

$$\frac{U}{C_e} = \left[\frac{L_я R_1 C_J}{C_e C_M} \cdot p^3 + \frac{L_я J}{C_e C_M} \cdot p^2 + \frac{R_я R_1 C_J}{C_e C_M} \cdot p^2 + \frac{R_я J}{C_e C_M} \cdot p + \frac{R_1 J}{C_e C_M} \cdot p + R_1 C_p + 1 \right] \cdot \omega + \frac{R_я + R_1}{C_e C_M} \cdot \left[\frac{L_я R_1 C}{R_я + R_1} \cdot p^2 + \frac{L_я}{R_я + R_1} \cdot p + \frac{R_я R_1 C}{R_я + R_1} \cdot p + 1 \right] \cdot M_{со}.$$

Целью работы является устранить возможность появления колебательных переходных процессов в электроприводе. Это достигается за счёт формирования апериодических переходных процессов в системе. При этом система должна иметь действительные отрицательные корни характеристического уравнения.

Рассмотрим вариант первый. Система имеет три кратных корня характеристического уравнения

$$(Tр + 1)^3 = 0;$$

$$T^3 p^3 + 3T^2 p^2 + 3Tр + 1 = 0.$$

При этом справедлива система из трех уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L_я J}{C_e C_M} \cdot R_1 C = T^3; \\ \frac{L_я J}{C_e C_M} + \frac{R_я J}{C_e C_M} \cdot R_1 C = 3T^2; \\ \frac{R_я J}{C_e C_M} + \frac{R_1 J}{C_e C_M} + R_1 C = 3T. \end{cases}$$

Из системы следует уравнение

$$8T^3 - 3 \cdot \frac{(4R_я + R_1)J}{C_e C_M} \cdot T^2 + 6 \cdot \frac{(R_я + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_я J}{C_e C_M} \cdot T - \frac{(R_я + R_1)^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} \cdot \frac{R_я J}{C_e C_M} = 0.$$

Из этого уравнения определяется постоянная времени T , а затем определяются параметры:

$$R_1 C = 3T - \frac{(R_я + R_1)J}{C_e C_M}.$$

$$\frac{L_я J}{C_e C_M} = 3T^2 - \frac{R_я J}{C_e C_M} \cdot \left[3T - \frac{(R_я + R_1)J}{C_e C_M} \right].$$

В данной работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры: $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$; $R_я = 5 \text{ Ом}$; $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $J = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

$$8T^3 - 4,8 \cdot T^2 + 1,2288 \cdot T - 0,131072 = 0;$$

$$T = 0,24652634 \text{ с}; R_1 C = 0,09957902 \text{ с}; \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} = 0,150460421 \text{ с}^2;$$

$$C = 0,019915804 \text{ Ф}; L_{я} = 2,350944078 \text{ Гн}.$$

Рассмотрим частный случай: отсутствуют ёмкость и дроссель в фильтре.

Дано: $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$; $R_{я} = 5 \text{ Ом}$; $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $J = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $L_{я} = 0,1 \text{ Гн}$.

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

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

При этом $T_1 = 0,629838667 \text{ с}$; $T_2 = 0,010161333 \text{ с}$.

Рассмотрим вариант второй. Система имеет два кратных корня характеристического уравнения

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

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

При этом справедлива система из трех уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C = T_1^2 T_2; \\ \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C = T_1^2 + 2T_1 T_2; \\ \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_1 J}{C_e C_M} + R_1 C = 2T_1 + T_2. \end{cases}$$

Из третьего уравнения следует, что

$$R_1 C = 2T_1 + T_2 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M}.$$

После подстановки:

$$\begin{cases} \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot 2T_1 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_2 - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} = T_1^2 T_2; \\ \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot 2T_1 + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_2 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} = T_1^2 + 2T_1 T_2; \end{cases}$$

Из верхнего уравнения следует, что

$$T_2 = \frac{2T_1 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M}}{T_1^2 - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}} \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}.$$

Из нижнего уравнения следует, что

$$\begin{aligned} \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot 2T_1 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - T_1^2 &= \left[2T_1 - \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \right] \cdot \frac{2T_1 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M}}{T_1^2 - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}} \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}; \\ \left[\frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot 2T_1 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} - T_1^2 \right] \cdot \left[T_1^2 - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \right] &= \\ = \left[2T_1 - \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \right] \cdot \left[2T_1 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \right] \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M}; \\ \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 + 2 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^3 - \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 - T_1^4 - \frac{L_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} - & \\ - 2 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1^2 &= \\ = \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot 4T_1^2 - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot 2T_1 - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot 2T_1 + \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M}; & \\ \frac{L_{я}^2 J^2}{C_e^2 C_M^2} - 2 \cdot \left[\frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} - T_1 \right] \cdot T_1 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \left[T_1^2 - 2 \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot T_1 + \frac{(R_{я} + R_1)J}{C_e C_M} \cdot \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \right] \cdot T_1^2 &= 0. \end{aligned}$$

Задаваясь значением постоянной времени T_1 определяются параметры системы: индуктивность якорной цепи электропривода $L_{я}$; постоянная времени T_2 ; ёмкость фильтра источника питания C .

В работе выполнен численный эксперимент, результаты приведены в таблицах 1÷3.

Таблица 1

T_1, c	T_2, c	$L_{я}, ГН$	C, Φ
0,24652634	0,246526924	2,350943969	0,01991592
0,25	0,239527923	2,350234781	0,019905584
0,26	0,218746934	2,339834166	0,019749386
0,27	0,196813947	2,315610438	0,019362789
0,28	0,173333333	2,275	0,018666666
0,29	0,14762915	2,213805906	0,01752583
0,30	0,118361163	2,124080078	0,015672232
0,31	0,082	1,9859375	0,0124
0,32	0	1,6	0

Таблица 2

T_1, c	T_2, c	$L_{я}, ГН$	C, Φ
0,24	0,259411255	2,348528125	0,019882251
0,22	0,297134057	2,313376357	0,019426811
0,20	0,332820323	2,241025404	0,018564064
0,18	0,366996659	2,135622912	0,017399331
0,16	0,4	2	0,016
0,14	0,432060608	1,83621212	0,014412121
0,12	0,463343685	1,645820393	0,012668737
0,10	0,493972282	1,43005197	0,010794456
0,08	0,524040821	1,189897949	$8,8081642 \cdot 10^{-3}$
0,06	0,553623532	0,926176463	$6,7247064 \cdot 10^{-3}$
0,04	0,582779965	0,639575131	$4,555993 \cdot 10^{-3}$
0,02	0,611548567	0,330965615	$2,309713418 \cdot 10^{-3}$
0,01	0,625819295	0,168034554	$1,163859 \cdot 10^{-3}$
0,005	0,632919372	0,084687413	$5,83875 \cdot 10^{-4}$
0,0025	0,636462086	0,042510824	$2,924172 \cdot 10^{-4}$

Таблица 3

T_1, c	T_2, c	$L_{я}, ГН$	C, Φ
0,16	∞	0,4	∞
0,14	2,807938802	0,35128789	0,48958776
0,12	1,536656277	0,304179609	0,227331255
0,10	1,119361042	0,257448031	0,135872208
0,08	0,915959135	0,210102062	0,087191827
0,06	0,79837644	0,161323546	0,055675288
0,04	0,723886689	0,110424875	0,032777337
0,02	0,67457583	0,056534385	0,014915167
0,01	0,655514038	0,028840445	$7,1028076 \cdot 10^{-3}$
0,005	0,647403207	0,014531337	$3,480641569 \cdot 10^{-3}$
0,0025	0,643617278	$7,293863016 \cdot 10^{-3}$	$1,723455725 \cdot 10^{-3}$

На рисунке 2 представлены три кривые: № 1 на основе таблицы 1, № 2 на основе таблицы 2, № 3 на основе таблицы 3. Система имеет действительные корни при условии, что параметры системы находятся левее кривой № 1 и ниже кривой № 2. Кроме того система имеет действительные корни при условии, что параметры системы находятся левее кривой № 3.

Рассмотрим вариант третий. Система имеет три разных действительных корня

$$(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1) \cdot (T_3 p + 1) = 0;$$

$$T_1 T_2 T_3 p^3 + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) \cdot p^2 + (T_1 + T_2 + T_3) \cdot p + 1 = 0.$$

При этом справедлива система из трех уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C = T_1 T_2 T_3; \\ \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C = T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3; \\ \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_1 J}{C_e C_M} + R_1 C = T_1 + T_2 + T_3. \end{cases}$$

Из третьего уравнения следует, что

$$T_2 + T_3 = \frac{(R_{я}+R_1)J}{C_e C_M} + R_1 C - T_1.$$

После подстановки во второе уравнение

$$\begin{aligned} \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C &= \left[\frac{(R_{я}+R_1)J}{C_e C_M} + R_1 C \right] \cdot T_1 - T_1^2 + T_2 T_3; \\ T_2 T_3 &= T_1^2 - \left[\frac{(R_{я}+R_1)J}{C_e C_M} + R_1 C \right] \cdot T_1 + \left[\frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C \right]. \end{aligned}$$

Таким образом, для постоянной времени T_1 справедливо уравнение

$$T_1^3 - \left[\frac{(R_{я}+R_1)J}{C_e C_M} + R_1 C \right] \cdot T_1^2 + \left[\frac{L_{яJ}}{C_e C_M} + \frac{R_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C \right] \cdot T_1 - \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} \cdot R_1 C = 0.$$

Рассмотрим точку А на рисунке 2, имеющую следующие координаты $L_{я} = 1,0$ Гн; $C = 0,005$ Ф. При этом система имеет следующие параметры:

$$T_1 = 0,536312621 \text{ с}; T_2 = 0,098355096 \text{ с}; T_3 = 0,030332283 \text{ с}.$$

Рассмотрим точку В на рисунке 2, имеющую следующие координаты $L_{я} = 0,1$ Гн; $C = 0,05$ Ф. При этом система имеет следующие параметры:

$$T_1 = 0,083288244 \text{ с}; T_2 = 0,78215077 \text{ с}; T_3 = 0,024560986 \text{ с}.$$

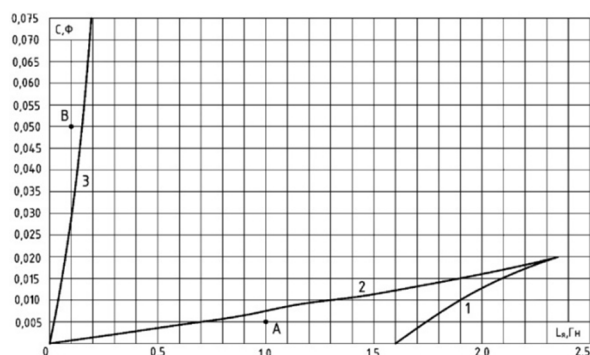


Рисунок 2

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

Литература

1. Дობробаба Ю.П. Электрический привод: учеб. пособие. 2-е изд., доп. / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2013. – 302 с.

References

1. Dobrobaba Y.P. Electric drive: study guide, 2nd ed., Add. / Kuban State Technological University. – Krasnodar : Publishing house of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «KubSTU», 2013. – 302 p.

УДК 62

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



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

Добробаба Юрий Петрович

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

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, по максимальному и минимальному значениям тока, состоящая из десяти этапов. Предложен алгоритм, позволяющий определить параметры диаграммы.

Ключевые слова: близкая к оптимальной, с ограничением по напряжению, с ограничением по максимальному и минимальному значениям тока, особо точного электропривода, десяти этапная диаграмма.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate Professor
of Department of Power Supply Industrial
Enter Prises,
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, maximum and minimum current values, consisting of ten 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 and minimum values of current, especially precise electric drive, ten-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, максимальному и минимальному значениям токам.

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

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

На рисунках приняты обозначения:

φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

- ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}}$;
- $\omega^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^2}$;
- $\omega^{(2)}$ – вторая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^3}$;
- $\omega^{(3)}$ – третья производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^4}$;
- U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;
- $I_{\text{я}}$ – ток якорной цепи электродвигателя, А
- $I_{\text{я}}^{(1)}$ – первая производная тока якорной цепи электродвигателя, $\frac{\text{А}}{\text{с}}$;
- $M_{\text{со}}$ – момент сопротивления электропривода, Н·м;
- $\varphi_{\text{кон}}$ – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- $\varphi_{\text{нач}}$ – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;
- ω_{max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}}$;
- $\omega_{\text{max}}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^2}$;
- $\omega_{\text{min}}^{(1)}$ – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^2}$;
- $\omega_{\text{max1}}^{(3)}$ – первое максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^4}$;
- $\omega_{\text{max2}}^{(3)}$ – второе максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^4}$;
- $\omega_{\text{max3}}^{(3)}$ – третье максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^4}$;
- $\omega_{\text{max4}}^{(3)}$ – четвертое максимальное значение третьей производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад.}}{\text{с}^4}$;
- $U_{\text{доп}}$ – допустимое значение напряжения, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В;
- $I_{\text{доп}}$ – допустимое 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_6 – длительность восьмого этапа, с;
- t_7 – длительность девятого и десятого 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, $\frac{\text{В·с}}{\text{рад}}$;
- $L_{\text{я}}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн.
- Характерной особенностью близких к оптимальным по быстрдействию диаграмм является то, что для них справедливы соотношения:

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

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

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 $t_1 \leq t \leq 2t_1$:

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

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

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

При $t = 2t_1$

$$\begin{aligned}\omega_2^{(3)} &= -\omega_{\max 1}^{(3)}; \\ \omega_2^{(2)} &= 0; \\ \omega_2^{(1)} &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2;\end{aligned} \tag{5}$$

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

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

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

$$I_{\text{я}2}^{(1)} = 0;$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}\omega^{(3)}(t) &= 0; \\ \omega^{(2)}(t) &= 0; \\ \omega^{(1)}(t) &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2; \\ \omega(t) &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3 + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1); \\ \varphi(t) &= \varphi_{\text{нач}} + \frac{7}{12} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^4 + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^3 \cdot (t - 2t_1) + \frac{1}{2} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \cdot (t - 2t_1)^2; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \square]; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= 0; \\ U(t) &= C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot [t_1^3 + t_1^2 \cdot (t - 2t_1)] + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \square].\end{aligned}$$

При $t = (2t_1 + t_2)$

$$\begin{aligned}\omega_3^{(3)} &= 0; \\ \omega_3^{(2)} &= 0; \\ \omega_3^{(1)} &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2; \\ \omega_3 &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2); \\ \varphi_3 &= \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \left(\frac{7}{12} t_1^4 + t_1^3 t_2 + \frac{1}{2} t_1^2 t_2^2 \right); \\ I_{\text{я}3} &= \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \square]; \\ I_{\text{я}3}^{(1)} &= 0; \\ U_3 &= C_e \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot (t_1^3 + t_1^2 t_2) + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 \square].\end{aligned}$$

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

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

При $t = (2t_1 + t_2 + t_3)$

$$\begin{aligned}\omega_4^{(3)} &= -\omega_{\max 2}^{(3)}; \\ \omega_4^{(2)} &= -\omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3;\end{aligned}$$

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

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 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 \square 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] \square; \\ 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 \cdot (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} \square 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] \square + \\ &+ \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 $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3)$

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

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

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

$$\begin{aligned} \frac{M_{\text{co}}}{C_M} &= \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{co}} + J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - J \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2]; \\ J \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 - J \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^2 &= 0; \\ \omega_{\max 2}^{(3)} &= \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot \frac{t_1^2}{t_3^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

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

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

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

$$\omega_4 = \omega_{\max} - \frac{1}{6} \omega_{\max 2}^{(3)} \cdot t_3^3. \quad (8)$$

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

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

$$\omega_3 = \omega_4 - \frac{5}{6} \omega_{\max 1}^{(3)} \cdot t_1^2 t_3. \quad (9)$$

$$t_2 = \frac{\omega_3 - \omega_2}{\omega_2^{(1)}}. \quad (10)$$

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

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

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + t_5)$

$$\begin{aligned} \omega_6^{(3)} &= -\omega_{\max 3}^{(3)}; \\ \omega_6^{(2)} &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5; \\ \omega_6^{(1)} &= -\frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2; \\ \omega_6 &= \omega_{\max} - \frac{1}{6} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3; \\ \varphi_6 &= \varphi_5 + \omega_{\max} \cdot t_5 - \frac{1}{24} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^4; \\ I_{я6} &= \frac{1}{C_M} \cdot \left[M_{co} - \frac{1}{2} J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right]; \\ I_{я6}^{(1)} &= -\frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5; \\ U_6 &= C_e \omega_{\max} - \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \left[M_{co} - \frac{1}{2} J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right] - \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5. \end{aligned} \quad (13)$$

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

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

$$I_{я}(t) = \frac{1}{C_M} \square M_{co} + J \omega_{max3}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{2} t_5^2 - t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) + \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2 \right];$$

$$I_{я}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{max3}^{(3)} \cdot [-t_5 + (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)];$$

$$U(t) = C_e \omega_{max} + C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{6} t_5^3 - \frac{1}{2} t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) - \frac{1}{2} t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2 + \frac{1}{6} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^3 \right] + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \square M_{co} + J \omega_{max3}^{(3)} \cdot \left[-\frac{1}{2} t_5^2 - t_5 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5) + \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)^2 \right] + \frac{L_{я} J}{C_M} \cdot \omega_{max3}^{(3)} \cdot [-t_5 + (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - t_5)].$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5)$

$$\omega_7^{(3)} = \omega_{max3}^{(3)};$$

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

$$\omega_7^{(1)} = -\omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2; \quad (15)$$

$$\omega_7 = \omega_{max} - \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^3; \quad (14)$$

$$\varphi_7 = \varphi_6 + \omega_{max} \cdot t_5 - \frac{13}{24} \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^4;$$

$$I_{я7} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[M_{co} - J \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right];$$

$$I_{я7}^{(1)} = 0;$$

$$U_7 = C_e \omega_{max} - C_e \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \left[M_{co} - J \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right].$$

Так как $I_{я7} = -I_{доп}$, то

$$-I_{доп} = \frac{1}{C_M} \cdot \left[M_{co} - J \omega_{max3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right];$$

$$\omega_{max3}^{(3)} = \frac{C_M I_{доп} + M_{co}}{J \cdot t_5^2}. \quad (12)$$

При этом

$$I_{я7} = -\frac{1}{2} \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right).$$

Так как $U_6 = -U_{доп}$, то

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

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

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

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

$$t_5 = 3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{доп} + C_e \omega_{max} - \frac{1}{2} R_{я} \cdot \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right)}{C_M I_{доп} + M_{co}} - \sqrt{\left[3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{доп} + C_e \omega_{max} - \frac{1}{2} R_{я} \cdot \left(I_{доп} + \frac{M_{co}}{C_M} \right)}{C_M I_{доп} + M_{co}} \right]^2 - 6 \cdot \frac{L_{я} J}{C_e C_M}}. \quad (11)$$

Этап 8. В интервале времени $(2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5) \leq t \leq (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6)$:

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

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

$$\begin{aligned}\omega^{(1)}(t) &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2; \\ \omega(t) &= \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5); \\ \varphi(t) &= \varphi_7 + \omega_{\max} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5) - \\ &- \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5) - \frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)^2; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_{\text{м}}} \left[M_{\text{с0}} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right]; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= 0; \\ U(t) &= C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} [t_5^3 - t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5)] + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot \left[M_{\text{с0}} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right].\end{aligned}$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6)$

$$\begin{aligned}\omega_8^{(3)} &= 0; \\ \omega_8^{(2)} &= 0; \\ \omega_8^{(1)} &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2; \\ \omega_8 &= \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6); \\ \varphi_8 &= \varphi_7 + \omega_{\max} \cdot t_6 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 t_6 + \frac{1}{2} t_5^2 t_6^2); \\ I_{\text{я8}} &= \frac{1}{C_{\text{м}}} \cdot \left[M_{\text{с0}} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right]; \\ I_{\text{я8}}^{(1)} &= 0; \\ U_8 &= C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6) + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot \left[M_{\text{с0}} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right].\end{aligned}$$

Этап 9. В интервале времени $(2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6) \leq t \leq (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6 + t_7)$:

$$\begin{aligned}\omega^{(3)}(t) &= \omega_{\max 4}^{(3)}; \\ \omega^{(2)}(t) &= \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6); \\ \omega^{(1)}(t) &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)^2; \\ \omega(t) &= \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6) - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6) + \\ &+ \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)^3; \\ \varphi(t) &= \varphi_8 + \omega_{\max} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6) - \\ &- \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6) - \\ &- \frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)^2 + \\ &+ \frac{1}{24} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)^4; \\ I_{\text{я}}(t) &= \frac{1}{C_{\text{м}}} \left[M_{\text{с0}} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)^2 \right]; \\ I_{\text{я}}^{(1)}(t) &= \frac{J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6); \\ U(t) &= C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} [(t_5^3 + t_5^2 t_6) + t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)] + \\ &+ \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)^3 + \frac{R_{\text{я}}}{C_{\text{м}}} \cdot \left[M_{\text{с0}} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \right. \\ &\left. + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6)^2 \right] + \frac{L_{\text{я}} J}{C_{\text{м}}} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6).\end{aligned}$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6 + t_7)$

$$\omega_9^{(3)} = \omega_{\max 4}^{(3)};$$

$$\omega_9^{(2)} = \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7;$$

$$\omega_9^{(1)} = -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2;$$

$$\omega_9 = \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + t_5^2 t_7) + \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3;$$

$$\varphi_9 = \varphi_8 + \omega_{\max} \cdot t_7 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 t_7 + t_5^2 t_6 t_7 + \frac{1}{2} t_5^2 t_7^2) + \frac{1}{24} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^4;$$

$$I_{я9} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2];$$

$$I_{я9}^{(1)} = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7;$$

$$U_9 = C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + t_5^2 t_7) + \\ + \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2] + \frac{L_{яJ}}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7.$$

Этап 10. В интервале времени $(2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6 + t_7) \leq t \leq (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6 + 2t_7)$:

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

$$\omega^{(2)}(t) = \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 - \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7);$$

$$\omega^{(1)}(t) = -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 \times (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) - \\ - \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^2;$$

$$\omega(t) = \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + t_5^2 t_7) + \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \times \\ \times (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) + \\ + \frac{1}{2} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^2 - \\ - \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^3;$$

$$\varphi(t) = \varphi_9 + \omega_{\max} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) - \\ - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + t_5^2 t_7) \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) + \\ + \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) - \\ - \frac{1}{2} \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^2 + \\ + \frac{1}{4} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^2 + \\ + \frac{1}{6} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^3 - \\ - \frac{1}{24} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^4;$$

$$I_{я}(t) = \frac{1}{C_M} \{M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 +$$

$$+ J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [\frac{1}{2} t_7^2 + t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) - \\ - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^2]\};$$

$$I_{я}^{(1)}(t) = \frac{J}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [t_7 - (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)];$$

$$\begin{aligned}
 U(t) = & C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} [(t_5^3 + t_5^2 t_6 + t_5^2 t_7) + t_5^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)] + \\
 & + C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [\frac{1}{6} t_7^3 + \frac{1}{2} t_7^2 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) + \\
 & + \frac{1}{2} t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^2 - \\
 & - \frac{1}{6} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^3] + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot \{M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \\
 & + J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [\frac{1}{2} t_7^2 + t_7 \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7) - \\
 & - \frac{1}{2} \cdot (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)^2]\} + \\
 & + \frac{L_{яJ}}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot [t_7 - (t - 2t_1 - t_2 - 2t_3 - 2t_5 - t_6 - t_7)].
 \end{aligned}$$

При $t = (2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6 + 2t_7)$

$$\begin{aligned}
 \omega_{10}^{(3)} &= -\omega_{\max 4}^{(3)}; \\
 \omega_{10}^{(2)} &= 0; \\
 \omega_{10}^{(1)} &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2; \\
 \omega_{10} &= \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3; \\
 \varphi_{10} &= \varphi_9 + \omega_{\max} \cdot t_7 - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 t_7 + t_5^2 t_6 t_7 + \frac{3}{2} t_5^2 t_7^2) + \frac{13}{24} \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^4; \\
 I_{я10} &= \frac{1}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2]; \\
 I_{я10}^{(1)} &= 0; \\
 U_{10} &= C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + 2t_5^2 t_7) + \\
 & + C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2].
 \end{aligned}$$

Так как $\omega_{10}^{(1)} = 0$, то

$$\begin{aligned}
 -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2 &= 0; \\
 \omega_{\max 4}^{(3)} &= -\omega_{\max 3}^{(3)} \cdot \frac{t_5^2}{t_7^2}. \quad (17)
 \end{aligned}$$

При этом $I_{я10} = \frac{M_{co}}{C_M}$ и $I_{я9} = -\frac{1}{2} (I_{доп} - \frac{M_{co}}{C_M})$.

Так как $\omega_{10} = 0$, то

$$\begin{aligned}
 \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 &= 0; \\
 \omega_{\max} - \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + 2t_5^2 t_7) + \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 t_7 &= 0; \\
 \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + t_5^2 t_7) &= \omega_{\max}.
 \end{aligned}$$

При этом $U_{10} = \frac{R_{я} M_{co}}{C_M}$.

Так как $U_9 = U_{доп}$, то

$$\begin{aligned}
 U_{доп} &= C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot (t_5^3 + t_5^2 t_6 + t_5^2 t_7) + \\
 & + \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^3 + \frac{R_{я}}{C_M} \cdot [M_{co} - J \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 + \frac{1}{2} J \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7^2] + \frac{L_{яJ}}{C_M} \cdot \omega_{\max 4}^{(3)} \cdot t_7; \\
 U_{доп} &= C_e \omega_{\max} - C_e \omega_{\max} + \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 t_7 - \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{доп} - \frac{M_{co}}{C_M}) + \frac{L_{яJ}}{C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot \frac{t_5^2}{t_7}; \\
 [U_{доп} + \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{доп} - \frac{M_{co}}{C_M})] &= \frac{1}{6} C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2 t_7 + \frac{L_{яJ}}{C_M} \cdot \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot \frac{t_5^2}{t_7}; \\
 t_7^2 - 6 \cdot \frac{U_{доп} + \frac{1}{2} R_{я} \cdot (I_{доп} - \frac{M_{co}}{C_M})}{C_e \omega_{\max 3}^{(3)} \cdot t_5^2} \cdot t_7 + 6 \cdot \frac{L_{яJ}}{C_e C_M} &= 0.
 \end{aligned}$$

$$t_7 = 3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{\text{доп}} + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{доп}} - \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right)}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} - \sqrt{\left[3 \cdot \frac{J}{C_e} \cdot \frac{U_{\text{доп}} + \frac{1}{2} R_{\text{я}} \cdot \left(I_{\text{доп}} - \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right)}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} \right]^2 - 6 \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M}} \quad (16)$$

$$\omega_9 = \frac{1}{6} \omega_{\text{max}4}^{(3)} \cdot t_7^3; \quad (18)$$

$$\omega_8 = \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_7. \quad (19)$$

$$t_6 = \frac{\omega_7 - \omega_8}{\omega_7^{(1)}}. \quad (20)$$

$$T_{\text{ц}} = 2t_1 + t_2 + 2t_3 + 2t_5 + t_6 + 2t_7. \quad (21)$$

Если $t_6 = 0$, то $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.2}}$.

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_{\text{max}} = \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot (t_5 + t_7); \\ t_5 = \left[3 \cdot \frac{J}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} \cdot \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + 3 \cdot \frac{J \omega_{\text{max}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} - \frac{3}{2} \cdot \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} \right] - \\ - \sqrt{\left[3 \cdot \frac{J}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} \cdot \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + 3 \cdot \frac{J \omega_{\text{max}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} - \frac{3}{2} \cdot \frac{R_{\text{я}} J}{C_e C_M} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{со}}}{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}} \right]^2 - \\ - 6 \cdot \frac{L_{\text{я}} J}{C_e C_M}} \\ \omega_{\text{max}} = \left[3 \cdot \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + 3 \omega_{\text{max}} - \frac{2}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_e} \cdot \left(I_{\text{доп}} - \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right) \right] - \\ - \sqrt{\left[3 \cdot \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + 3 \omega_{\text{max}} - \frac{2}{3} \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_e} \cdot \left(I_{\text{доп}} - \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right) \right]^2 - 6 \cdot \frac{L_{\text{я}}}{C_e C_M} \cdot \frac{(C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}})^2}{J} + \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_7}. \end{array} \right.$$

После преобразования получаем

$$5\omega_{\text{max}}^2 + \left[6 \cdot \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} + 3 \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_e} \cdot \left(I_{\text{доп}} - \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right) - 4 \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_7 \right] \cdot \omega_{\text{max}} - \\ - \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot \left[6 \cdot \frac{U_{\text{доп}}}{C_e} \cdot t_7 - 3 \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_e} \cdot \left(I_{\text{доп}} - \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right) \cdot t_7 + \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{со}}}{J} \cdot t_7^2 + 6 \cdot \frac{L_{\text{я}}}{C_e} \cdot \left(I_{\text{доп}} + \frac{M_{\text{со}}}{C_M} \right) \right] = 0.$$

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

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

Таким образом

$$5\omega_{\text{max}}^2 + 1146,45538 \cdot \omega_{\text{max}} - 3326,771972 = 0;$$

$$\omega_{\text{max}}^2 + 229,291076 \cdot \omega_{\text{max}} - 665,3543994 = 0.$$

$$\omega_{\text{max}} = 2,8659669 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

При $\omega_{\text{max}} = 2,8659669 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.2}} = 0,073075391 \text{ рад}$.

При $\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр.3}} = 171,2370931 \text{ рад}$.

В таблице 1 и таблице 2 представлены результаты численного эксперимента рассматриваемого электропривода.

При этом

$$t_1 = 1,818494974 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \quad \square_{\text{max}1}^{(3)} = 30239582,43 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \quad \square_1 = 0,030308249 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\square_2 = 0,18184949,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad \square_2^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \quad \square_2^{(1)} = -300 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}; \quad t_7 = 4,620516628 \cdot 10^{-3} \text{ с};$$

$$\square_{\text{max}4}^{(3)} = 14052065,96 \frac{\text{рад}}{\text{с}^4}; \quad \square_8 = 1,386154988 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad \square_9 = 0,231025831 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Таблица 1

$\frac{\varphi_{\max}}{c}$, рад	t_2 , с	t_3 , с	t_5 , с	t_6 , с	$T_{ц}$, с
2,8659669	0,025430503	$1,410670674 \cdot 10^{-3}$	$4,932706 \cdot 10^{-3}$	0	0,050995279
20	0,196869912	$1,311592915 \cdot 10^{-3}$	$4,533148452 \cdot 10^{-3}$	0,057513002	0,27895042
40	0,396969291	$1,212213981 \cdot 10^{-3}$	$4,141627819 \cdot 10^{-3}$	0,124571189	0,545126187
60	0,59705467	$1,12683508 \cdot 10^{-3}$	$3,812407629 \cdot 10^{-3}$	0,191567076	0,811378254
80	0,797128813	$1,052692 \cdot 10^{-3}$	$3,531705 \cdot 10^{-3}$	0,258514445	1,077690075
100	0,997193801	$9,877045041 \cdot 10^{-4}$	$3,289524139 \cdot 10^{-3}$	0,325423293	1,344049574
120	1,197251231	$9,302744869 \cdot 10^{-4}$	$3,078441795 \cdot 10^{-3}$	0,392301042	1,610447728
140	1,397302349	$8,79156269 \cdot 10^{-4}$	$2,892826573 \cdot 10^{-3}$	0,459153323	1,876877661
160	1,597348141	$8,333634764 \cdot 10^{-4}$	$2,728330083 \cdot 10^{-3}$	0,525984486	2,143334037

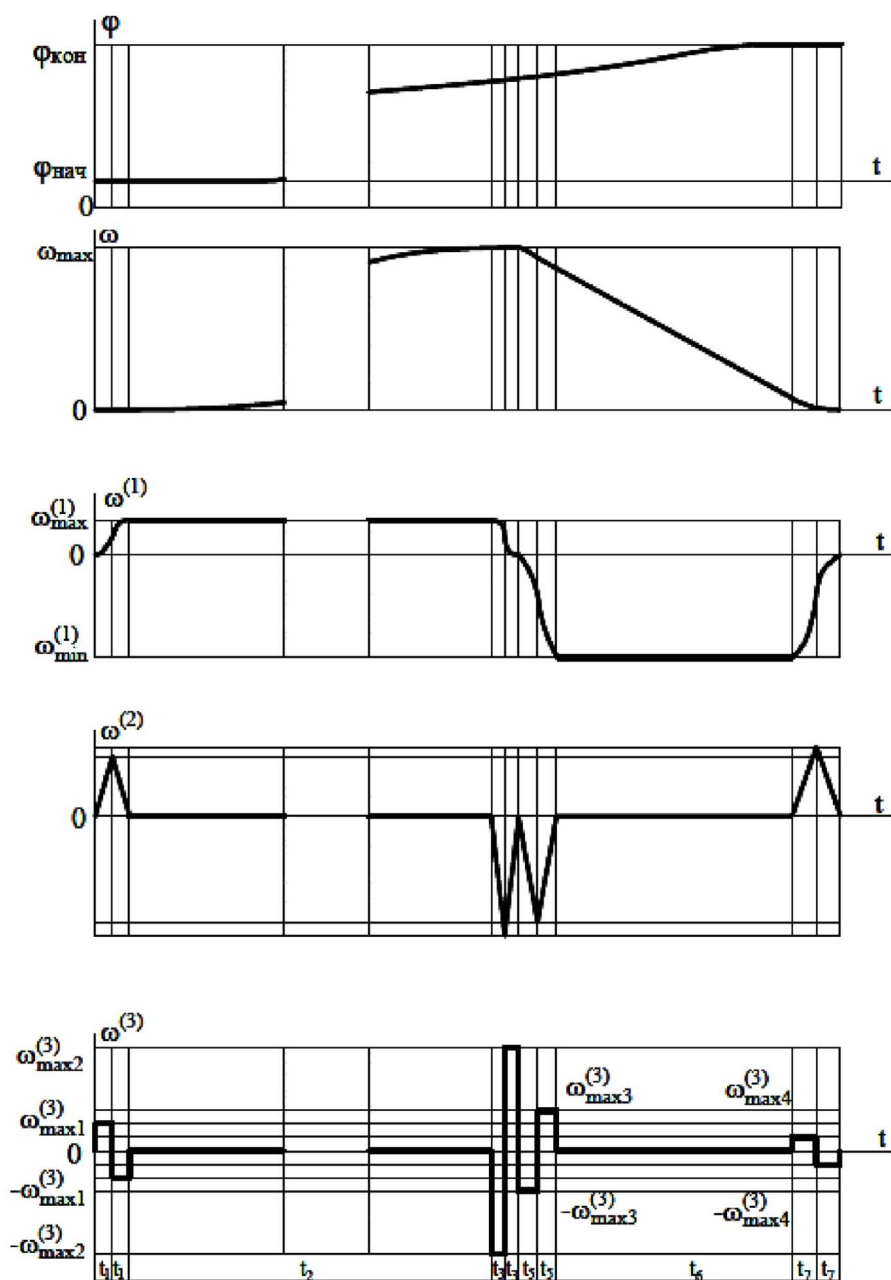


Рисунок 1 – Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа особо точного электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока (механические контролируемые координаты)

Таблица 2

$\frac{\max \text{рад}}{c}$	$\frac{\max^2 \text{рад}}{c^4}$	$\frac{3^1 \text{рад}}{c}$	$\frac{4^1 \text{рад}}{c}$	$\frac{\max^3 \text{рад}}{c^4}$	$\frac{6^1 \text{рад}}{c}$	$\frac{7^1 \text{рад}}{c}$	$(\Phi_{\text{кон}} - \Phi_{\text{нач}}) \text{рад}$
2,8659669	50251464,6	2,724899833	2,842455722	12329651,24	2,6193316	1,386155099	0,073075391
20	58130207,8	19,86884071	19,97814012	14598941,61	19,7733426	18,6400555	2,783594701
40	68052082,9	39,8787786	39,97979964	17489569,37	39,7929186	38,7575117	10,88094055
60	78755207,9	59,88731649	59,98121942	20640613,17	59,80933796	58,8562777	24,29654190
80	90239640,19	79,8947308	79,98245513	24052067,52	79,82341475	78,9404885	43,03365865
100	102505208,07	99,9012295	99,98353826	27723949,52	99,8355238	99,0131428	67,09467216
120	115552083,01	119,9844495	119,9844954	31656242,28	119,8460779	119,0764675	96,48136311
140	129380208,12	139,9120843	139,9853474	35848951,52	139,8553587	139,132152	131,1950899
160	143989583,1	159,9166636	159,9861106	40302077,28	159,8635835	159,181501	171,2370931

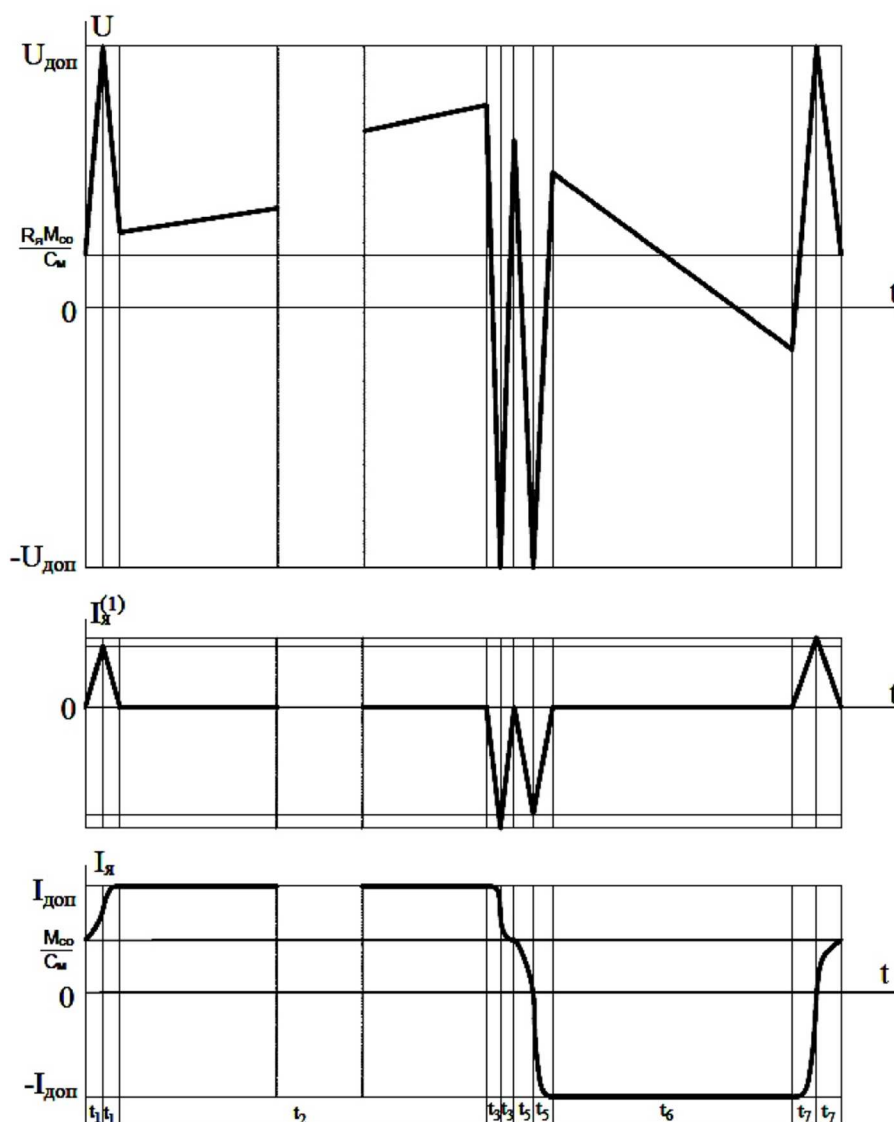


Рисунок 2 – Близкая к оптимальной по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа особо точного электропривода при ограничениях по напряжению, максимальному и минимальному значениям тока (электрические контролируемые координаты)

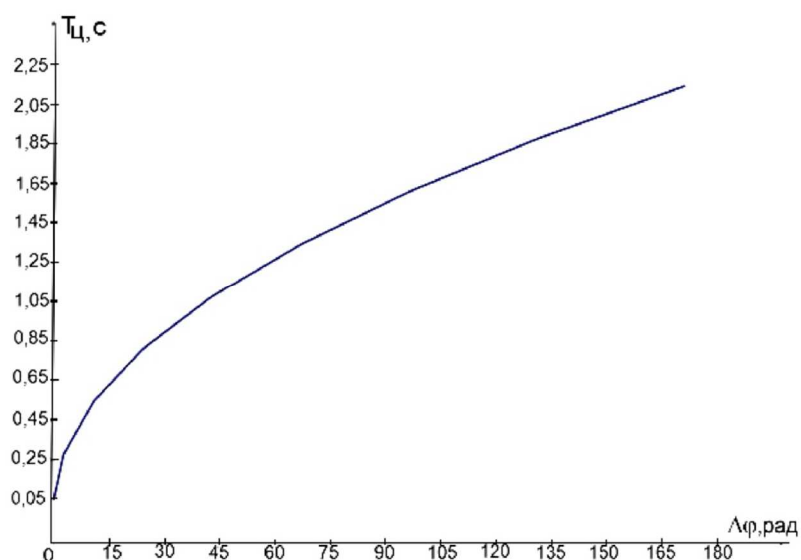


Рисунок 3 – Зависимость длительности цикла $T_{ц}$ от заданного перемещения исполнительного органа особо точного электропривода $\Delta\varphi = (\varphi_{кон} - \varphi_{нач})$

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. – № . – 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 / Y.P. Dobrobaba [et al.] // Kuban State Technological University. – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – 98 p.
2. Dobrobaba Y.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 Y.P., Murlina V.A., Chernukha M.V. The diagram is close to the optimum in terms of speed actuator 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 / Y.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 / Y.P. Dobrobaba [et al.] // Science. Engineering. Technology. (polytechnical bulletin). – 2021. – № 1. – P. 82–95.

УДК 62

**ДВУХМАССОВАЯ УПРУГАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
С ЧЕТЫРЬМА КРАТНЫМИ КОРНЯМИ
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**



**TWO-MASS ELASTIC ELECTROMECHANICAL SYSTEM
WITH FOUR MULTIPLE ROOTS OF THE 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 четыре кратных корня характеристического уравнения. Двухмассовая упругая электромеханическая система с кратными корнями характеристического уравнения обеспечивает предельное быстродействие 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 Department of Power Supply Industrial
Enter Prises,
Kuban State Technological University

Aslanova Diana Alexandrovna

Student,
Kuban State Technological University

Pechonkin Oleg Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
pchn257@mail.ru

Annotation. In this article, the parameters of a two-mass elastic electromechanical system are determined, in which its transfer function has four multiple roots of the characteristic equation. A two-mass elastic electromechanical system with multiple roots of the characteristic equation provides 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:

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

где

$$B_1 = \frac{R_{я}(J_1 + J_2)}{C_e C_M}; B_2 = \frac{L_{я}(J_1 + J_2)}{C_e C_M} + \frac{J_2}{C_y}; B_3 = \frac{R_{я} J_1 J_2}{C_e C_M C_y}; B_4 = \frac{L_{я} J_1 J_2}{C_e C_M C_y}.$$

Передаточная функция системы четвертого порядка с четырьмя кратными корнями характеристического уравнения имеет вид:

$$W_{40}(p) = \frac{1}{(Tp+1)^4};$$

или

$$W_{40}(p) = \frac{1}{T^4 p^4 + 4T^3 p^3 + 6T^2 p^2 + 4Tp + 1}, \quad (2)$$

где T – постоянная времени полинома знаменателя передаточной функции четвертого порядка.

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

$$\frac{L_{я} J_1 J_2}{C_e C_M C_y} = T^4; \quad (3)$$

$$\frac{R_{я} J_1 J_2}{C_e C_M C_y} = 4T^3; \quad (4)$$

$$\frac{L_{я}(J_1 + J_2)}{C_e C_M} + \frac{J_2}{C_y} = 6T^2; \quad (5)$$

$$\frac{R_{я}(J_1 + J_2)}{C_e C_M} = 4T. \quad (6)$$

Из уравнений (3) и (4) получим:

$$\frac{L_{я}}{R_{я}} = \frac{1}{4} T. \quad (7)$$

Из уравнений (5), (6) и (7) получим:

$$\frac{J_2}{C_y} = 5T^2. \quad (8)$$

Из уравнений (4) и (8) получим:

$$\frac{R_{я} J_1}{C_e C_M} = \frac{4}{5} T. \quad (9)$$

Из уравнений (6) и (9) получим:

$$\frac{R_{я} J_2}{C_e C_M} = \frac{16}{5} T. \quad (10)$$

Из уравнений (9) и (10) получим:

$$J_1 = \frac{1}{4} J_2. \quad (11)$$

Из уравнений (6) и (11) получим:

$$T = \frac{5}{16} \cdot \frac{R_{я} J_2}{C_e C_M}. \quad (12)$$

Из уравнений (5), (8) и (11) получим:

$$L_{я} = \frac{5}{64} \cdot \frac{R_{я}^2 J_2}{C_e C_M}. \quad (13)$$

Из уравнений (8) и (12) получим:

$$C_y = \frac{256}{125} \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{я}^2 J_2}. \quad (14)$$

Электромеханическая постоянная времени равна:

$$T_M = \frac{R_{я}(J_1 + J_2)}{C_e C_M}. \quad (15)$$

Рассмотрим трехмассовую упругую электромеханическую систему с параметрами $C_e = 1,25 \frac{\text{В}\cdot\text{с}}{\text{рад}}$, $C_M = 1,25 \text{ В}\cdot\text{с}$, $R_{я} = 5 \text{ Ом}$, $J_2 = 0,08 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Определим варьируемые параметры двухмассовой упругой электромеханической системы, при которых её передаточная функция имеет четыре кратных корня характеристического уравнения.

$$J_1 = \frac{1}{4} J_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,08 = 0,02 \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$L_{я} = \frac{5}{64} \cdot \frac{R_{я}^2 J_2}{C_e C_M} = \frac{5}{64} \cdot \frac{5^2 \cdot 0,08}{1,25 \cdot 1,25} = 0,1 \text{ Гн};$$

$$C_y = \frac{256}{125} \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{я}^2 J_2} = \frac{256}{125} \cdot \frac{1,25^2 \cdot 1,25^2}{5^2 \cdot 0,08} = 2,5 \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{рад}}$$

$$T = \frac{5}{16} \cdot \frac{R_{я} J_2}{C_e C_M} = \frac{5}{16} \cdot \frac{5 \cdot 0,08}{1,25 \cdot 1,25} = 0,08 \text{ с};$$

$$T_M = \frac{R_{я}(J_1 + J_2)}{C_e C_M} = \frac{5}{1,25 \cdot 1,25} \cdot (0,08 + 0,02) = 0,32 \text{ с};$$

$$J = J_1 + J_2 = 0,08 + 0,02 = 0,1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Согласно работе [1], переходная характеристика системы четвертого порядка с четырьмя кратными корнями имеет вид:

$$h_{40}(t) = -1 \cdot e^{-\frac{t}{T}} - \frac{1}{T} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T}} - \frac{1}{2T^2} \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T}} - \frac{1}{6T^3} \cdot t^3 \cdot e^{-\frac{t}{T}} + 1.$$

Полученная переходная характеристика изображена на рисунке 1.

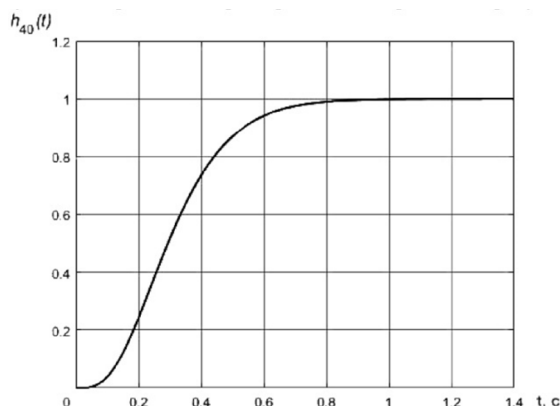


Рисунок 1 – Переходная характеристика двухмассовой упругой электромеханической системы с кратными корнями характеристического уравнения

Вывод: Определены параметры двухмассовой упругой электромеханической системы соответствующие передаточной функции с четырьмя кратными корнями характеристического уравнения. Определена переходная характеристика двухмассовой упругой электромеханической системы с четырьмя кратными корнями 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

ДВУХМАССОВАЯ УПРУГАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ТРЕМЯ КРАТНЫМИ КОРНЯМИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ



TWO-MASS ELASTIC ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH THREE MULTIPLE ROOTS OF THE 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 три кратных корня характеристического уравнения. Двухмассовая упругая электромеханическая система с тремя кратными корнями 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 Department of Power Supply Industrial
Enter Prises,
Kuban State Technological University

Aslanova Diana Alexandrovna

Student,
Kuban State Technological University

Pechonkin Oleg Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
pchn257@mail.ru

Annotation. In this article, the parameters of a DC electric drive of a two-mass system with an elastic shaft line corresponding to a transfer function with a fourfold root of the characteristic equation are determined. a two-mass elastic electromechanical system with a sixfold root 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:

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

где

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

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

Передаточная функция системы четвертого порядка с трехкратными корнями характеристического уравнения имеет вид:

$$W_{40}(p) = \frac{1}{(T_1 p + 1)^3 (T_2 p + 1)}, \quad (2)$$

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

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

$$\frac{L_\pi J_1 J_2}{C_e C_M C_y} = T_1^3 T_2; \quad (3)$$

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

$$\frac{L_\pi(J_1 + J_2)}{C_e C_M} + \frac{J_2}{C_y} = 3 T_1^2 + 3 T_1 T_2; \quad (5)$$

$$\frac{R_\pi(J_1 + J_2)}{C_e C_M} = 3 T_1 + T_2. \quad (6)$$

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

Из уравнения (6) получим:

$$T_2 = \frac{R_\pi(J_1 + J_2)}{C_e C_M} - 3 T_1. \quad (7)$$

Из уравнений (4) и (7) получим:

$$\frac{J_2}{C_y} = 3 \cdot \frac{J_1 + J_2}{J_1} \cdot T_1^2 - 8 \cdot \frac{C_e C_M}{R_\pi J_1} \cdot T_1^3. \quad (8)$$

Из уравнений (3) и (4) получим:

$$\frac{L_\pi}{R_\pi} = \frac{\frac{R_\pi(J_1 + J_2)}{C_e C_M} - 3 T_1}{3 \cdot \frac{R_\pi(J_1 + J_2)}{C_e C_M} - 8 T_1} \cdot T_1. \quad (9)$$

Из уравнений (6), (8) и (9) получим:

$$T_1^3 - \frac{3}{4} \cdot \frac{R_\pi(2J_1 + J_2)}{C_e C_M} \cdot T_1^2 + \frac{3}{64} \cdot \frac{R_\pi(16J_1 + 3J_2)}{C_e C_M} \cdot \frac{R_\pi(J_1 + J_2)}{C_e C_M} \cdot T_1 - \frac{1}{8} \cdot \frac{R_\pi J_1}{C_e C_M} \cdot \frac{R_\pi^2 (J_1 + J_2)^2}{C_e^2 C_M^2} = 0. \quad (10)$$

Полученные уравнения (7-10) позволяют получить зависимости $T_1 = f(J_1)$, $T_2 = f(J_1)$, $C_y = f(J_1)$, $L_\pi = f(J_1)$.

Рассмотрим трехмассовую упругую электромеханическую систему с параметрами $C_e = 1,25 \frac{В \cdot с}{рад}$, $C_M = 1,25 В \cdot с$, $R_\pi = 5 Ом$, $J_2 = 0,08 кг \cdot м^2$. Определим варьируемые параметры двухмассовой упругой электромеханической системы, при которых её передаточная функция имеет три кратных корня характеристического уравнения.

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

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

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

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

J_1	T_1	T_2	$L_{я}$	C_y	T_M
кг · м ²	с	с	Гн	$\frac{Н \cdot м}{рад}$	с
0,010	0,096	0	0	2,89351851	0,288
0,011	0,09596195	0,00331412	0,00263610	2,88749138	0,2912
0,012	0,09583674	0,00688975	0,00564240	2,87083824	0,2944
0,013	0,09560433	0,01078698	0,00910874	2,84535151	0,2976
0,014	0,0952380	0,01508597	0,01315832	2,81244228	0,3008
0,015	0,09469996	0,01990009	0,01796892	2,77321514	0,304
0,016	0,09393286	0,02540140	0,02381482	2,72851176	0,3072
0,017	0,09284074	0,03187775	0,03116068	2,67892244	0,3104
0,018	0,09123720	0,03988839	0,04091897	2,62474471	0,3136
0,019	0,08864179	0,05087460	0,05546260	2,56578947	0,3168
0,020	0,08	0,08	0,1	2,5	0,32

Таблица 2 – Результаты расчета для варианта $T_1 \leq T_2$

J_1	T_1	T_2	$L_{я}$	C_y	T_M
кг · м ²	с	с	Гн	$\frac{Н \cdot м}{рад}$	с
0,010	0,03043078	0,19670765	0,04823085	4,45486318	0,288
0,011	0,03379759	0,18980722	0,05317325	4,08682423	0,2912
0,012	0,03726048	0,18261853	0,05814620	3,78165635	0,2944
0,013	0,04083814	0,17508557	0,06315345	3,52502478	0,2976
0,014	0,04455617	0,16713147	0,06819975	3,30673083	0,3008
0,015	0,04845149	0,15864551	0,07329126	3,11934975	0,304
0,016	0,05258073	0,14945778	0,07843633	2,95739039	0,3072
0,017	0,05703924	0,13928226	0,08364696	2,81677359	0,3104
0,018	0,06201292	0,12756121	0,08894204	2,69453730	0,3136
0,019	0,06798179	0,11285462	0,09435667	2,58880308	0,3168
0,020	0,08	0,08	0,1	2,5	0,32

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.

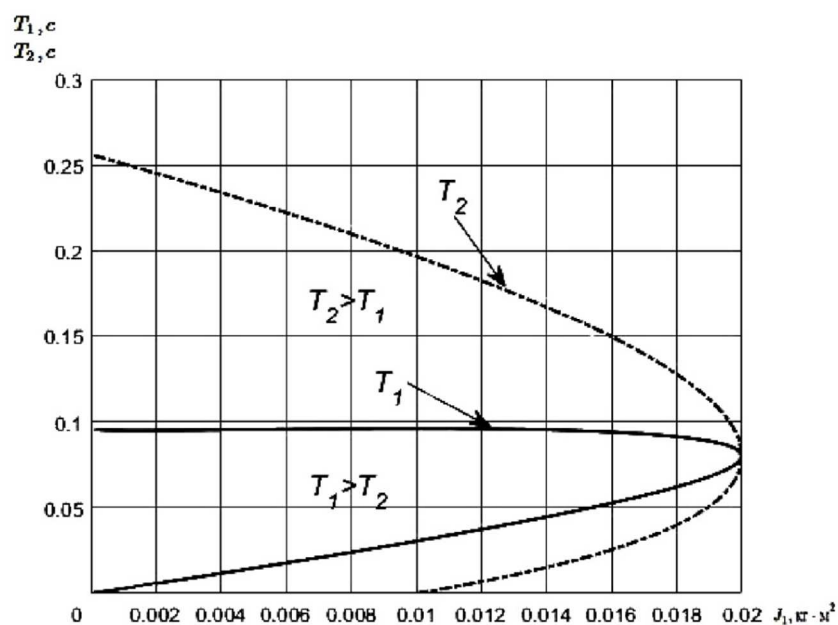


Рисунок 1 – Зависимость постоянных времени от выбранного момента инерции электродвигателя двухмассовой упругой электромеханической системы с тремя кратными корнями характеристического уравнения

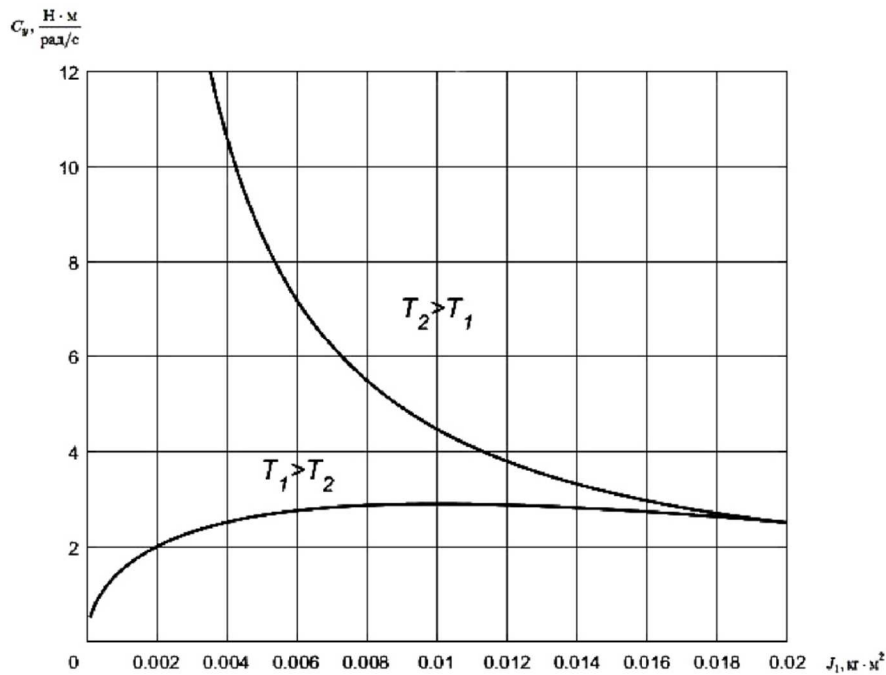


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента упругости валопровода от выбранного момента инерции электродвигателя двухмассовой упругой электромеханической системы с тремя кратными корнями характеристического уравнения

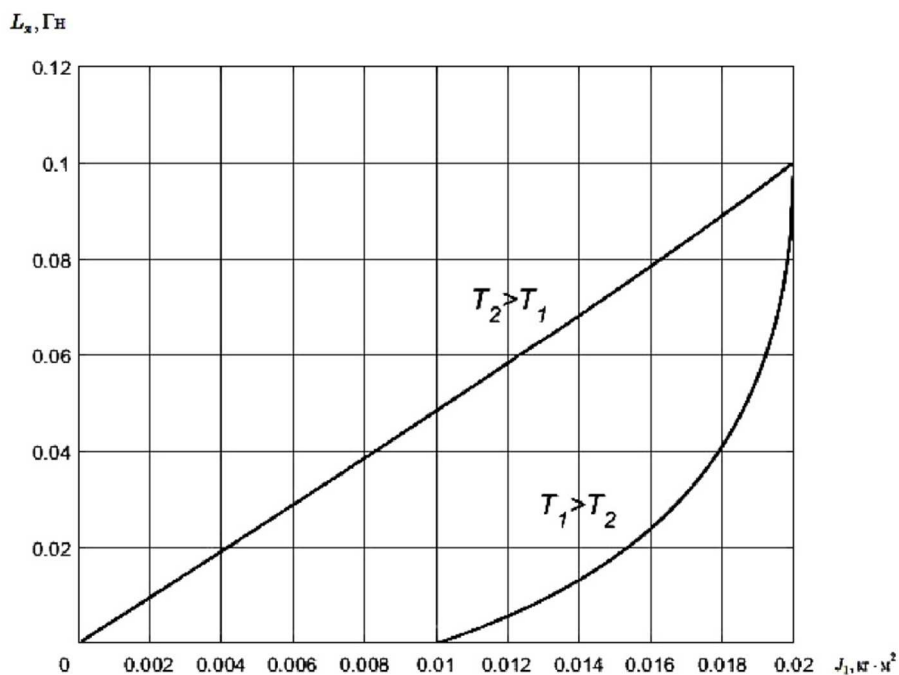


Рисунок 3 – Зависимость индуктивности якорной цепи от выбранного момента инерции электродвигателя двухмассовой упругой электромеханической системы с тремя кратными корнями характеристического уравнения

Переходная характеристика системы четвертого порядка с тремя кратными корнями имеет вид:

$$h_{40}(t) = -\frac{T_1(T_1^2 - 3T_1T_2 + 3T_2^2)}{(T_1 - T_2)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_1 - 2T_2}{(T_1 - T_2)^2} \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{1}{2T_1(T_1 - T_2)} \cdot t^2 \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} + \frac{T_2^3}{(T_1 - T_2)^3} \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} + 1.$$

Полученная переходная характеристика изображена на рисунке 4.

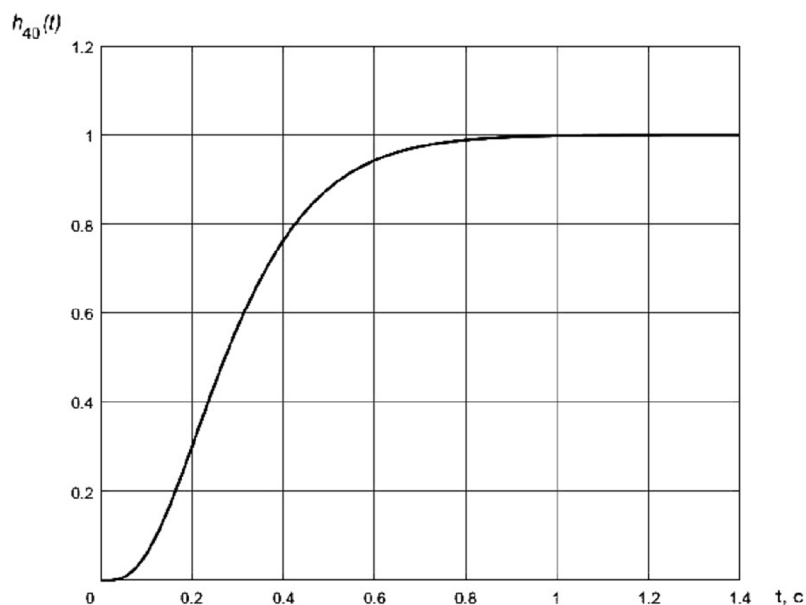


Рисунок 4 – Переходная характеристика двухмассовой упругой электромеханической системы с тремя кратными корнями характеристического уравнения

Вывод: Определены параметры двухмассовой упругой электромеханической системы соответствующие передаточной функции с тремя кратными корнями характеристического уравнения. Определена переходная характеристика двухмассовой упругой электромеханической системы с тремя кратными корнями 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

**ТРЕХМАССОВАЯ УПРУГАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
(БЕЗ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ИНДУКТИВНОСТИ ЯКОРНОЙ ЦЕПИ) С ПЯТЬЮ
КРАТНЫМИ КОРНЯМИ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**



**THREE-MASS ELASTIC ELECTROMECHANICAL SYSTEM (WITH OUT TAKING
INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE ANCHOR CIRCUIT INDUCTANCE)
WITH FIVE CROSS ROOTS OF THE CHARACTERISTIC EQUATION**

Добробаба Юрий Петрович

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

Чувиллин Никита Александрович

студент,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье определены параметры трехмассовой упругой электромеханической системы (без учета влияния индуктивности якорной цепи), при которых ее передаточная функция имеет пять кратных корней характеристического уравнения.

Трехмассовая упругая электромеханическая система обеспечивает предельное быстродействие переходных процессов без перерегулирования [1].

Ключевые слова: трехмассовая упругая электромеханическая система пятого порядка, передаточная функция.

Dobrobaba Yury Petrovich

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

Chuvilin Nikita Aleksandrovich

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. This article defines the parameters of a three-mass elastic electromechanical system (without taking into account the influence of the inductance of the armature circuit), at which its transfer function has five multiple roots of the characteristic equation.

Three-mass elastic electromechanical system provides maximum transient response without overshoot [1].

Keywords: three-mass elastic electromechanical system of the fifth order, transfer function.

На первой стадии исследований электромеханических систем с упругим валопроводом разработаны и исследованы переходные характеристики систем четвертого и пятого порядков [2], [3], [4], [5], [6].

Первый этап работ позволяет перейти ко второму этапу и разработать алгоритмы для конкретных электромеханических систем.

Математическая модель трехмассовой упругой электромеханической системы (без учета влияния индуктивности якорной цепи) имеет вид:

$$\begin{cases} U = C_e \omega_1 + R_{я} I_{я}; \\ C_M I_{я} = M_{y1} + J_1 p \omega_1; \\ M_{y1} = M_{y2} + J_2 p \omega_2; \\ M_{y2} = M_{co} + J_3 p \omega_3; \\ p M_{y1} = C_{y1} \cdot (\omega_1 - \omega_2); \\ p M_{y2} = C_{y2} \cdot (\omega_2 - \omega_3). \end{cases} \quad (1)$$

Передаточная функция для трехмассовой упругой электромеханической системы (без учета влияния индуктивности якорной цепи) имеет вид:

$$W_{50}(p) = \frac{1}{B_5 p^5 + B_4 p^4 + B_3 p^3 + B_2 p^2 + B_1 p + 1}, \quad (2)$$

где

$$B_1 = \frac{R_{я}(J_1 + J_2 + J_3)}{C_e C_M}; \quad B_2 = \frac{J_2}{C_{y1}} + \frac{J_3}{C_{y1}} + \frac{J_3}{C_{y2}};$$

$$B_3 = \frac{R_{я}}{C_e C_M} \cdot \left(\frac{J_1 J_2}{C_{y1}} + \frac{J_1 J_3}{C_{y1}} + \frac{J_1 J_3}{C_{y2}} + \frac{J_2 J_3}{C_{y2}} \right); \quad B_4 = \frac{J_2 J_3}{C_{y1} C_{y2}}; \quad B_5 = \frac{R_{я} J_1 J_2 J_3}{C_e C_M C_{y1} C_{y2}}.$$

Передаточная функция системы пятого порядка с пятью кратными корнями характеристического уравнения имеет вид:

$$W_{50}(p) = \frac{1}{(Tp+1)^5};$$

или

$$W_{50}(p) = \frac{1}{T^5 p^5 + 5T^4 p^4 + 10T^3 p^3 + 10T^2 p^2 + 5Tp + 1}, \quad (3)$$

где T – постоянная времени полинома знаменателя передаточной функции пятого порядка.

Приравняв (2) и (3), получим систему уравнений:

$$\frac{R_{я} J_1 J_2 J_3}{C_e C_M C_{y1} C_{y2}} = T^5; \quad (4)$$

$$\frac{J_2 J_3}{C_{y1} C_{y2}} = 5T^4; \quad (5)$$

$$\frac{R_{я}}{C_e C_M} \cdot \left(\frac{J_1 J_2}{C_{y1}} + \frac{J_1 J_3}{C_{y1}} + \frac{J_1 J_3}{C_{y2}} + \frac{J_2 J_3}{C_{y2}} \right) = 10T^3; \quad (6)$$

$$\left(\frac{J_2}{C_{y1}} + \frac{J_3}{C_{y1}} + \frac{J_3}{C_{y2}} \right) = 10T^2; \quad (7)$$

$$\frac{R_{я}(J_1 + J_2 + J_3)}{C_e C_M} = 5T. \quad (8)$$

Из уравнений (4) и (5) получим:

$$\frac{R_{я} J_1}{C_e C_M} = \frac{1}{5} T. \quad (9)$$

Из уравнений (6), (7) и (9) получим:

$$\frac{R_{я} J_2 J_3}{C_e C_M C_{y2}} = 8T^3. \quad (10)$$

Из уравнений (5) и (10) получим:

$$\frac{C_e C_M}{R_{я} C_{y1}} = 0,625T. \quad (11)$$

Из уравнений (8) и (9) получим:

$$(J_2 + J_3) = 4,8 \cdot \frac{C_e C_M}{R_{я}} \cdot T. \quad (12)$$

Из уравнений (7), (11) и (12) получим:

$$\frac{J_3}{C_{y2}} = 7T^2. \quad (13)$$

Из уравнений (5) и (13) получим:

$$\frac{J_2}{C_{y1}} = \frac{5}{7} T^2. \quad (14)$$

Из уравнений (10) и (13) получим:

$$\frac{R_{я} J_2}{C_e C_M} = \frac{8}{7} T. \quad (15)$$

После ряда преобразований получаем выражения:

$$T = \frac{35}{128} \cdot \frac{R_{я} J_3}{C_e C_M}; \quad (16)$$

$$J_1 = \frac{7}{128} \cdot J_3;$$

$$J_2 = \frac{5}{16} \cdot J_3;$$

$$C_{y1} = \frac{1024}{175} \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{я}^2 J_3};$$

$$C_{y2} = \frac{16384}{8575} \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{я}^2 J_3}$$

Для трехмассовой упругой электромеханической системы (без учета влияния индуктивности якорной цепи) с параметрами $C_e = 1,25 \frac{В \cdot с}{рад}$, $C_M = 1,25 В \cdot с$, $R_{я} = 5 \text{ Ом}$, $J_3 = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ определим параметры, соответствующие передаточной функции с пятью кратными корнями характеристического уравнения.

$$J_1 = \frac{7}{128} J_3 = \frac{7}{128} \cdot 0,08 = 0,004375 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_2 = \frac{5}{16} J_3 = \frac{5}{16} \cdot 0,08 = 0,025 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$T = \frac{35}{128} \cdot \frac{R_{я} J_3}{C_e C_M} = \frac{35}{128} \cdot \frac{5 \cdot 0,08}{1,25 \cdot 1,25} = 0,07 \text{ с};$$

$$C_{y1} = \frac{1024}{175} \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{я}^2 J_3} = \frac{1024}{175} \cdot \frac{1,25^2 \cdot 1,25^2}{5^2 \cdot 0,08} = \frac{50 \text{ Н} \cdot \text{м}}{7 \text{ рад}};$$

$$C_{y2} = \frac{16384}{8575} \cdot \frac{C_e^2 C_M^2}{R_{я}^2 J_3} = \frac{16384}{8575} \cdot \frac{1,25^2 \cdot 1,25^2}{5^2 \cdot 0,08} = \frac{800 \text{ Н} \cdot \text{м}}{343 \text{ рад}};$$

$$T_M = \frac{R_{я}(J_1 + J_2 + J_3)}{C_e C_M} = \frac{5}{1,25 \cdot 1,25} \cdot (0,004375 + 0,025 + 0,08) = 0,35 \text{ с};$$

$$J = J_1 + J_2 + J_3 = 0,004375 + 0,025 + 0,08 = 0,109375 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{рад}}$$

Вывод:

Разработан алгоритм определения параметров трехмассовой упругой электромеханической системы (без учета влияния индуктивности якорной цепи), соответствующие передаточной функции с пятью кратными корнями характеристического уравнения.

Литература

1. Дობробаба Ю.П., Мурлина А.Г., Серкин А.Д. Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с кратными корнями характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 423–429.
2. Дობробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чувилин Н.А. Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с одним корнем кратностью четыре и с одним корнем кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 386–392.
3. Дობробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чувилин Н.А. Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с одним корнем кратностью три и с одним корнем кратностью два характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 61–67.
4. Дობробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чувилин Н.А. Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с одним корнем кратностью три и с двумя корнями кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 68–74.
5. Дობробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чувилин Н.А. Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с двумя корнями кратностью два и с одним корнем кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 75–81.
6. Дობробаба Ю.П., Мурлина В.А., Чувилин Н.А. Анализ переходных характеристик системы пятого порядка с пятью корнями кратностью один характеристического уравнения // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 64–68.

References

1. Dobrobaba Yu.P., Murlin A.G., Serkin A.D. Analysis of the transient characteristics of a fifth-order system with multiple roots of the characteristic equation // Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin) . – 2019. – № 1. – P. 423–429.

2. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Chuvilin N.A. Analysis of the transient characteristics of a fifth-order system with one root of multiplicity four and with one root of multiplicity one of the characteristic equation // Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 4. – P. 386–392.
3. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Chuvilin N.A. Analysis of the transient characteristics of a fifth-order system with one root of multiplicity three and with one root of multiplicity two of the characteristic equation // Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 1. – P. 61–67.
4. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Chuvilin N.A. Analysis of the transient characteristics of a fifth-order system with one root of multiplicity three and with two roots of multiplicity one of the characteristic equation // Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 1. – P. 68–74.
5. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Chuvilin N.A. Analysis of the transient characteristics of a fifth-order system with two roots of multiplicity two and with one root of multiplicity one of the characteristic equation // Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 1. – P. 75–81.
6. Dobrobaba Yu.P., Murlina V.A., Chuvilin N.A. Analysis of the transient characteristics of a fifth-order system with five roots of multiplicity one of the characteristic equation // Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 2. – P. 64–68.

ТРЕБОВАНИЯ К БЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОДВОДНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ



REQUIREMENTS FOR CONCRETE MIX FOR UNDERWATER CONCRETING

Досманов Тимур Павлович

студент факультета гидромелиорации
Кубанский государственный аграрный университет
tima.dosmanov@mail.ru

Романова Анна Сергеевна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
any30082002@mail.ru

Аннотация. В статье описывается процесс подводного бетонирования, основные компоненты необходимые для него. Приводятся требования к бетонной смеси для подводного бетонирования.

Ключевые слова: подводное бетонирование, гидротехнические сооружения, бетон, негидравлический цемент, бетонная смесь, вода, водонепроницаемость.

Dosmanov Timur Pavlovich

Student Of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
tima.dosmanov@mail.ru

Romanova Anna Sergeevna

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
any30082002@mail.ru

Annotation. The article describes the process of underwater concreting, the main components necessary for it. The requirements for the concrete mixture for underwater concreting are given.

Keywords: underwater concreting, hydraulic structures, concrete, non-hydraulic cement, concrete mixture, water, water resistance.

Подводное бетонирование – это определенная технология укладка бетонной смеси, которая применяется при отсутствии возможности и различных способов удаления воды, то есть ее откачивания. Обычно такой метод бетонирования применяют при возведении железобетонных конструкций, эксплуатация которых предполагает значительные нагрузки. К конструкциям, нуждающимся в подводном бетонировании, относятся мосты, плотины, опоры линий электропередач и другие гидротехнические строения.

Подводный бетон – это форма строительного материала, которая широко используется в определенных формах строительных инженерных проектов. Предполагается, что в зданиях, у которых нижние части останутся под водой, следует использовать подводный бетон.

Затвердевание подводного бетона происходит гораздо эффективнее, нежели в атмосфере. Это происходит из-за гидрата цемента, т.е. цемент химически реагирует с водой, тем самым связывает песок и гравий соответственно. Такой метод затвердевания цемента занимает по временным рамкам около двух недель. Застывание цемента происходит из-за протекающей химической реакции. При оседании под водой, бетон просто не высыхает сам по себе, так как это может нарушить химическую реакцию. Такой бетон можно назвать негидравлическим. Из этого можно сделать вывод, что бетон, погруженный в воду, оказывается намного тяжелее, чем его аналог в воздухе. В случае негидравлического цемента, в качестве связывающего используется гипсовая штукатурка и известь. Метод использования таких связывающих основывается на испарении влаги. Такие формы цемента используются для особых задач. Например, для сохранения исторических памятников.

Конструирование бетонной смеси для подводного бетонирования требует выбора подходящих материалов и пропорций для производства бетона, отвечающего требованиям конкретного применения. Что в основном сосредоточено на свойствах обрабатываемости, текучести, прочности на сжатие и долговечности [1]. Поскольку подробный физический осмотр является сложной задачей, стоит добиться в бетоне са-

моуплотняющихся свойств. Необходимо выбирать заполнители, которые имеют высокое сопротивление к расслоению и просачиванию, а также обладают высокой водонепроницаемостью.

Использование заполнителей округлой формы является предпочтительным, поскольку это снижает тенденцию просачиванию при заданном трении песка и содержании цемента. Закругленные заполнители обеспечивают более плотную набивку и снижают потребность в воде для данной степени удобоукладываемости. Однако иногда прочность и стойкость к истиранию являются особенно важными параметрами в некоторых подводных применениях, и по этой причине необходимо выбирать заполнители щебня. В этом случае, следует внимательно отнестись к общей классификации заполнителя. Также должна быть значительная доля (не менее 15–20 %) мелких агрегатов. Это необходимо для улучшения прочности бетона, помещенного под водой. Когда подходящие пески недоступны, важно значительно увеличить содержание цемента в смесях или добавить пылевидную топливную золу или измельченный гранулированный шлак [2].

Присутствие сульфатов в грунтовых водах может представлять несколько серьезных угроз, поскольку содержание цемента в конструкции является высоким, чтобы противодействовать этому сульфатостойкому портландцементу. Однако бетон в зоне разбрызгивания и выше, кроме того, уязвим, так как не только происходит сульфатная атака, но также оказывается давление со стороны кристаллов соли, образующихся в порах бетона в местах, где имело место испарение. Использование материалов, заменяющих цемент, таких как зола, может значительно снизить пористость бетона и, следовательно, его восприимчивость к сульфатному воздействию и кристаллизации хлоридов. Эти материалы, заменяющие цемент, также действуют как альтернативный метод снижения теплового воздействия и обеспечивают дополнительные преимущества.

Для улучшения прочности можно использовать такие материалы, как натуральные и синтетические полимеры, но необходимо проверить совместимость выбранных материалов с гидратами цемента [3]. Некоторые из них могут вызвать серьезное замедление процесса гидратации и ограничить использование суперпластификаторов. Обычные коммерческие добавки для подводного бетона снижают вымывание с 20–25 % до, примерно, 10 %.

Требования к сортировке заполнителя очень похожи на те, которые необходимы для смесей для бетонных насосов, поскольку подводный бетон требует хорошей текучести и самоуплотняющихся свойств, а также достаточной прочности, чтобы противостоять расслоению и просачиванию [4]. Требования к смеси для насоса включают указанные выше свойства плюс необходимость в цементной пасте или растворе для образования смазывающей пленки на стенках трубы. Хотя последнее требование не является существенным для подводных бетонных смесей, обычной практикой является использование относительно высокого содержания цемента для улучшения прочности и учета неизбежных потерь цемента из-за «вымывания».

Литература

1. Завротынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные способы ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.
2. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.
3. Кириченко В.А., Шиховцов А.А., Митин А.Б. Экономико-технологические аспекты применения полистиролбетона // В сборнике: Экономика и предпринимательство. – 2017. – 1204 с.
4. Комиссаров А.Н., Шиховцов А.А. Развитие ресурсосберегающих технологий в строительстве // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 133–136.

References

1. Zavrotynskaya V.V., Tkhazeplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern methods of accelerating the strength gain of concrete // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 641–649.
2. Modern technologies for accelerating the curing of concrete / E.A. Langner [et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – № 5. – P. 36.
3. Kirichenko V.A., Shikhovtsov A.A., Mitin A.B. Economic and technological aspects of the use of polystyrene concrete // In the collection: Economics and Entrepreneurship. – 2017. – 1204 p.
4. Komissarov A.N., Shikhovtsov A.A. Development of resource-saving technologies in construction // In the collection: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University», Institute of Construction and Transport Infrastructure; FGBOU VO «KubGTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 133–136.

УДК 699.8

УСИЛЕНИЕ НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ УГЛЕРОДНЫМИ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ



REINFORCEMENT OF LOAD-BEARING BUILDING STRUCTURES WITH CARBON COMPOSITE MATERIALS

Дьяков Александр Васильевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
dyakov_2803@mail.ru

Аннотация. В данной статье подробно будет рассмотрен такой композитный материал, как углеродное волокно. Также подробно изучены его технические особенности и способы нанесения, добычи материала. Также дан ответ на вопрос: «Почему углеволокно очень часто используют в строительстве?»

Ключевые слова: углеволокно, углеродное волокно, модуль упругости, прочность, композитный материал, армирующий материал.

Dyakov Alexander Vasilyevich
Student,
Kuban State Technological University
dyakov_2803@mail.ru

Annotation. In this article, a composite material such as carbon fiber will be considered in detail. Also, its technical features and methods of applying about the extraction of the material are studied in detail. The answer to the question is also given: "Why is carbon fiber very often used in construction?"

Keywords: carbon fiber, modulus of elasticity, strength, composite material, reinforcing material.

Современное строительство, как и любая другая отрасль не обходится без внедрения инновационных технологий. Одной из важных задач в сфере строительства является предотвращение проблем, связанных с прочностью зданий и сооружений, которые находятся под влиянием динамических нагрузок, перепадов температур и других агрессивных факторов. В результате этого, на бетонных постройках появляются трещины, отслаивается защитный слой, что приводит к снижению эксплуатационных характеристик. Одним из главных этапов считается – армирование несущих конструкций. Ранее использовался материал для укрепления – стеклохолст, сейчас более востребовано углеволокно [1].

Композитный материал – это материал, который состоит, как минимум, из двух компонентов: армирующий компонент, который определяет прочностные характеристики и матрица, которая заставляет работать совместно с армирующим элементом. По природе композитные материалы классифицируются на: полимерные, углеродные, металлические и керамические. Основные преимущества композита – это удельная высокая прочность и удельная высокая жесткость, то есть модуль упругости.

Углеродное волокно – композитно-полимерный материал искусственного происхождения, его структурой являются тонкие нити диаметром от 3 до 15 микрон, состоящие из атомов углерода. Атомы объединены в кристаллы микроскопических размеров, которые расположены параллельно друг другу. Растяжению по прочности волокна способствует выравнивание этих атомов [2, с. 32–333].

Углеволокно в несколько раз превосходит металл по твердости. Данный материал очень давно используется в ракетостроении, а с конца прошлого столетия и в строительстве. Его популярность возросла с увеличением объема реконструированных работ. Углеволокно – не конечное готовое изделие, а лишь материал, оно является основой для изготовления конечных изделий (ленты, углеродные сетки) [3, с. 123].

В силу хороших технических особенностей углеволокно способствует хорошему внешнему армированию, которое пропитывают связующим веществом – эпоксидной смолой. Аналогично обоем ее наклеивают на поверхность конструкций. Эпоксидная смола обладает высокой адгезией к железобетону, а после вступления в химическую реакцию со смолой углеволокно превращается в жесткий пластик, тем самым приобретая прочность большую, чем у стали в 6–7 раз [4, с. 339–344].

Углеволокно на 30 % легче алюминия и на 70 % легче железа, но его прочность на разрыв превосходит в 4 раза лучшей марки стали. Углеродное волокно не подвер-

жено влиянию агрессивных факторов. Его можно считать универсальным материалом для строительства в любой среде.

С помощью глянцевой поверхности углеволокно не вступает в реакцию с водой, оно не подвержено коррозии. Используя его, можно наносить армирующий материал в несколько слоев. Углеволокно действительно является универсальным материалом и экологически чистым [5, с. 15–16].

Различают:

1. Углеродные волокна на основе полиакрилонитрильных волокон. Обладают сверхвысокой прочностью и высоким модулем упругости.

2. Углеволокно на основе пековых волокон. Обладает высокими тепло- и электропроводностью. Не подходят для тяжелых конструкций.

3. Углеволокно на основе вискозных волокон. Применяется в виде лент и тканей для термоизоляции.

Углеродные волокна классифицируются по количеству элементарных волокон в жгутике (тонкие и толстые жгуты), по механическим свойствам (модуль упругости, прочность) [6, с. 287–289].

Процесс производства углеволокна на сегодняшний день остается трудоёмким процессом: разметка, окисление, карбонизация, графитация, поверхностная обработка, наметка [7, с. 16–21].

Рассмотрим методы изготовления композитного материала.

1. Напыление. Армирующий материал рубится на отрезки и смешивается со смолой и отвердителем.

2. Ручное формование. Армирующий материал в виде ткани пропитывается вручную. Наносят с помощью кисти или валика. Слои приклеиваются друг к другу до полного удаления частичек воздуха между ними.

3. Вакуумная инфузия. Под действием вакуума происходит пропитка полимерным связующим того армирующего наполнителя, который был выбран.

4. Пропитка связующим в форме. Технология схожа с вакуумной инфузией, отличается лишь в том, что надо принудительно качать связующее, поддавать его под давлением, чтобы оно быстрее пропитывало наполнитель.

5. Намотка. Жгуты волокна проходят через ванночку со связующим и далее наматываются на вращающийся цилиндрический предмет.

6. Пултрузия. Волокна непрерывно пропитываются связующим, одновременно нагреваются. Изделие подвергается дополнительной обработке поверхности и нарезается на отрезки. Данный процесс непрерывный [8, с. 496–509].

При многих преимуществах выделяют и недостатки углеволокна:

1. Углеволокно является хорошим отражателем электрических волн.

2. Материал отличается высокой стоимостью в сравнении с аналогами.

3. Изготовление композита более трудоёмкое, чем производство металла.

В подавляющем большинстве случаев усиление углеволокном применяется для железобетонных конструкций – это обусловлено высокими технико-экономическими показателями реализации таких проектов. Однако, данная технология применима и к металлическим, деревянным и каменным зданиям и сооружениям [9, с. 24–26].

Литература

1. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами.
2. Леонова А.Н., Акритов Х.Э. Усиление деревянных конструкций композитными материалами // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 329–333.
3. Ключев С.В., Ключев А.В., Лесовик Р.В. Усиление строительных конструкций композитами на основе углеволокна: монография. – Lambert, 2011. – 123 с.
4. 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.
5. Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Жилищное строительство. – 2003. – № 3. – С. 15–16.
6. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.

7. Леонова А.Н., Бибиков Б.С. Современные методы усиления горизонтальных несущих конструкций углеволокном // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 16–21.
8. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Скрипкина И.А. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 496–509.
9. 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.

References

1. SP 164.1325800.2014. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials.
2. Leonova A.N., Akritov H.E. Reinforcement of wooden structures with composite materials // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 329–333.
3. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Lesovik R.V. Reinforcement of building structures with carbon fiber-based composites: monograph. – Lambert, 2011. – 123 p.
4. Leonova A.N., Ishchuk Yu.P., Pogodina P.V. Methods of reinforcement of floor slabs in the punching zone // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 1. – P. 339–344.
5. Chernyavsky V.L., Axelrod E.Z. Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials // Housing construction. – 2003. – № 3. – P. 15–16.
6. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of reinforcement of reinforced concrete columns // Science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
7. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of strengthening horizontal load-bearing structures with carbon fiber // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2020. – № 8. – P. 16–21.
8. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of reinforcement of metal structures by composite materials under the influence of an aggressive environment // Bulletin of MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
9. Khuazhev S.R., Leonova A.N. Modern ways 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 edition: V.I. Orobinsky, V.G. Kozlov. – 2016. – P. 24–26.

УДК 69.059

УСИЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ



REINFORCEMENT OF METAL STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

Еременко Екатерина Андреевна

Магистрант кафедры строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
wertay77@yandex.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору метода усиления строительных металлических конструкций композитными материалами. Дано описание самой технологии, преимущества и сферы применения.

Ключевые слова: методы усиления строительных конструкций, композитные материалы, деформации, напряжения, преимущества, технология.

Eremenko Ekaterina Andreevna

Master Student of the Department of
Building Structures,
Kuban State Technological University
wertay77@yandex.ru

Annotation. This article is devoted to a review of the method of reinforcing building metal structures with composite materials. The description of the technology itself, advantages and scope of application is given.

Keywords: methods for strengthening building structures, composite materials, deformations, stresses, advantages, technology.

Здания и сооружения подвержены большим нагрузкам разной природы, что приводит к неминуемым разрушениям. Для того, чтобы увеличить общий срок эксплуатации сооружений, а также его стойкость к нагрузкам и повысить сопротивляемость разрушающим факторам проводят мероприятие, называемое, усилением.

В строительной индустрии наблюдается рост применения металлических конструкций.

На металлические конструкции воздействуют такие факторы, как:

- Силовые воздействия;
- Температурные воздействия;
- Воздействие агрессивных сред;
- Итогами негативных воздействия являются:
- Снижение несущей способности;
- Сокращение жизненного цикла;
- Механические повреждения;
- Прогибы, вмятины, искривления, истирания;
- Ошибки проектирования, монтажа и эксплуатации;
- Реконструкция, расширение, техническое перевооружение и т.д.

Одними из самых современных материалов для усиления металлических конструкций являются композитные материалы.

Композитный материал – это неоднородный сплошной материал, который состоит из двух и более компонентов. Совокупность состава и свойств компонентов делают материал уникальным.

Перед усиление металлических конструкций композитными материалами предварительно выполняют расчеты, оценивают общее состояние здания, устанавливают степень прочности металла, а также выявляют месторасположение дефектов и их причины.

Этапы усиление металлических конструкций композитными материалами:

1. Выбор композитного материала

Для получения требуемой прочности и долговечности усиливаемых конструкций важны такие параметры, как:

- Модуль упругости;
- Предел прочности при растяжении;
- Формы;
- Конфигурации.

2. Подготовка поверхности усиливаемого элемента

Качество обработки поверхности предопределяет надежность соединения композитных материалов с конструкцией, что в последствие влияет на ее эксплуатационные характеристики.

3. Предотвращение гальванической коррозии

Для исключения появления гальванической коррозии используют изолирование различных металлов друг от друга, при этом между ними наносят слой стойкого герметика или клея с хорошими изоляционными свойствами.

4. Выбор клея и технологии приклеивания

Важными параметрами при выборе клея являются:

- Время отвердевания клея;
- Толщина слоя покрытия клеем;
- Напряжение сдвига в результате циклической нагрузки.

5. Контроль качества в процессе усиления

Контроль качества металлических конструкций осуществляется частично разрушающими и неразрушающими испытаниями, в результате которых оценивается прочность композитных материалов против расслаивания.

Преимущества усиления металлических конструкций композитными материалами:

- малый вес при отличной прочности материала;
- легкость, скорость монтажа;
- стойкость к коррозионному воздействию;
- срок службы не менее 100 лет;
- увеличение несущей способности сооружения;
- отсутствие роста нагрузки по массе;
- неподверженность коррозии, влаге;
- эстетичность системы усиления;
- отсутствие температурного воздействия (нет сварки);
- возможность применения технологии на труднодоступных поверхностях;
- высокая надежность;
- экологичность.

Усиление при помощи композитных материалов является международным инновационным методом восстановления и увеличения несущей способности конструкции, а также восстановлению эксплуатационной пригодности строительных конструкций.

В нашей стране этот метод используется реже за неимением теоретических и экспериментальных исследований. Но все же композиты нашли широкое применение именно для усиления металлических конструкций – стабилизации коррозионных процессов, обеспечения требуемой несущей способности, сокращения трудоемкости, сроков строительства и материальных расходов.

Национальным авиационным университетом, компанией ООО «ЛИРА САПР» и Киевским национальным университетом строительства и архитектуры города Киева Украины было проведено исследование при помощи моделирования усиления рамы композитными материалами в программе ЛИРА-САПР.

Этапы Процесса расчета усиления рамы (рис. 1):

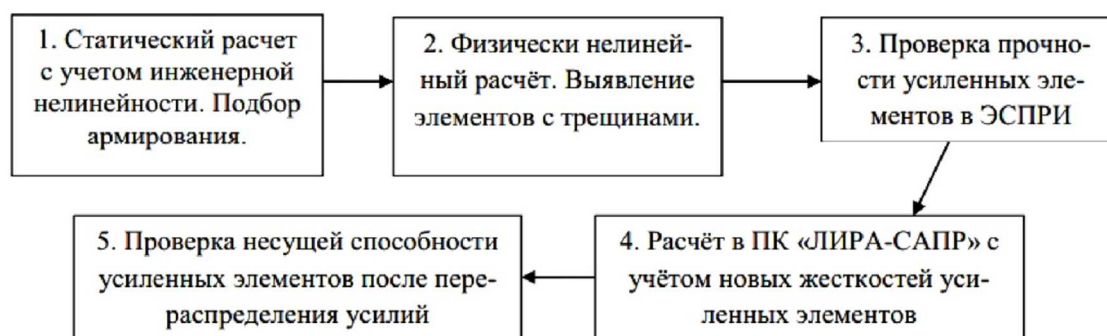


Рисунок 1 – Алгоритм выполнения расчета усиления рамы в программе ЛИРА-САПР

Исследование проводилось на примере расчетной модели рамы (рис. 2).

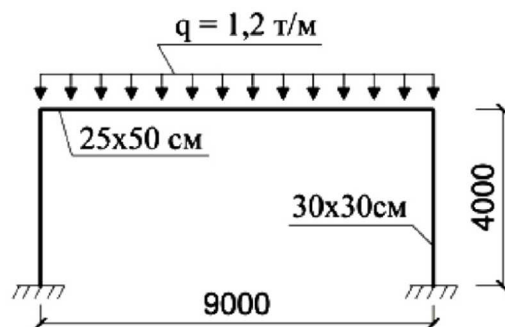


Рисунок 2 – Расчетная схема рамы

После расчета с учётом физической нелинейности были получены схемы НДС тестовой рамы (рис. 3).

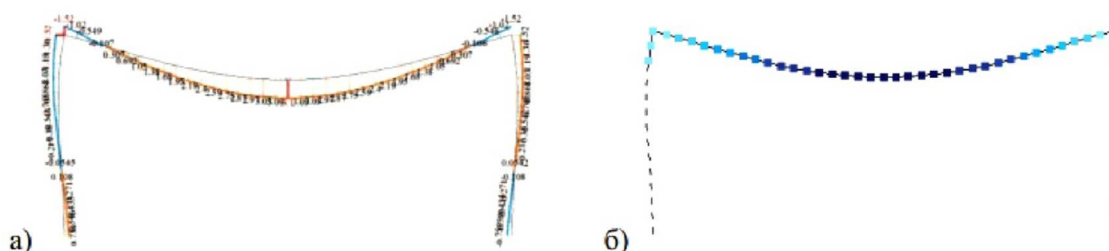


Рисунок 3 – Схемы НДС: а) деформированная схема; б) мозаика перемещений

Расчетом было определено, что на 3 стадия отмечается появлением в некоторых местах рамы трещин.

На рисунке 4 показаны диаграммы напряжений и деформаций в поперечных сечениях балки и колонн, до появления трещин и после

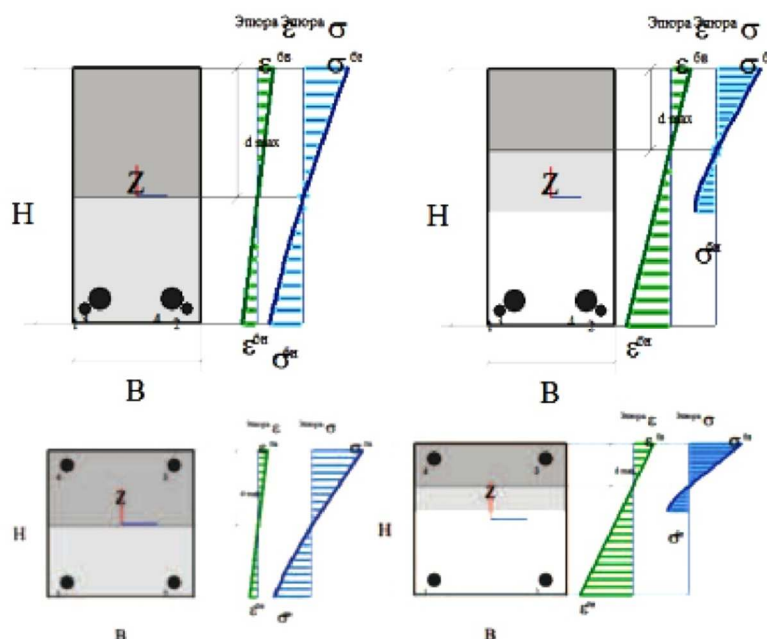


Рисунок 4 – Диаграммы напряжений и деформаций поперечных сечений схемы

Испытателями было принято решение усиливать раму композитом марки Aslan 400 CFRP Laminate с жесткостными характеристиками (табл. 1):

Таблица 1 – Характеристики композита Aslan 400 CFRP Laminate

Наименование характеристики	Значение
Толщина монослоя	1,4 мм
Модуль упругости, E	131000 МПа
Деформация при разрыве	0,0187 %
Прочность материала на растяжение	2400 МПа
Коэффициент условий работы	1

После усиления рамы композитным материалом были выявлены следующие изменения:

– Величина перемещений вдоль оси z стала меньше, потому что композитный материал позволил повысить жесткость конструкции, уменьшая при этом ее деформации.

– При усилении конструкции композитными материалами между конечными элементами происходит перераспределение усилий.

Выводом исследования стало то, что использование композитных материалов для усиления конструкций позволяет не только повысить несущую способность конструкции, продлить срок ее эксплуатации, предотвратить аварийную ситуацию, устранить ошибки проектирования и монтажа, но и обеспечить надежность и долговечность конструкции.

Литература

1. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
2. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
3. 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.
4. 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.
5. Чернявский В.Л., Хаютин Ю.Г. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. – М.: НИИЖБ, 2006. – 48 с.
6. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
7. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.М. Внешнее армирование железобетонных конструкций композитными материалами. – М.: Стройиздат, 2007. – 184 с.
8. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства. – К.: Сталь, 2014. – 301 с.
9. Бокарев С.А., Смердов Д.Н. Нелинейный анализ железобетонных изгибаемых конструкций, усиленных композитными материалами // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 46. – С. 113–125.

References

1. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern methods of strengthening building structures with carbon composite materials // In the collection: Topical issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
2. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Features of strengthening of building structures with composite polymer materials in conditions of high and low temperatures // Prospects of science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.

3. Leonova A.N., Bibikov B.S. Modern methods of reinforcing horizontal load-bearing structures with carbon fiber // In the collection: Development and innovations in construction. Collection materials of the III International scientific and practical conference. – 2020. – P. 16–21.
4. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Skripkina I.A. Features of strengthening metal structures with composite materials when exposed to an aggressive environment // Vestnik MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
5. Chernyavsky V.L., Khayutin Yu.G. Guidelines for Reinforcing Reinforced Concrete Structures with Composite Materials. – M. : NIIZhB, 2006. – 48 p.
6. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their effect on material properties: Development and innovations in construction // Collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
7. Shilin A.A., Pshenichny V.A., Kartuzov D.M. External reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials. – M. : Stroyizdat, 2007. – 184 p.
8. Barabash M.S. Computer modeling of the life cycle processes of construction objects. – K. : Steel, 2014. – 301 p.
9. Bokarev S.A., Smerdov D.N. Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Flexural Structures Reinforced with Composite Materials // Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering. – 2010. – № 46. – P. 113–125.

УДК 528

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА



USE OF LASER SCANNING TECHNOLOGY IN THE FIELD OF URBAN PLANNING

Заброда Ольга Станиславовна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
olechka.zabroda@yandex.ru

Гура Дмитрий Андреевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет,
доцент кафедры геодезии,
Кубанский государственный аграрный университет
gda-kuban@mail.ru

Дражецкий Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
drazhetsky@mail.ru

Панченко Екатерина Анатольевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
catepanchenko@gmail.com

Аннотация. Развитие городов никак не может обойтись без современных технологий. Лазерное сканирование – это передовая технология, которая с каждым днём используется всё чаще. Особое применение оно нашло в градостроительной деятельности, а, в частности, в территориальном планировании. В данной статье рассмотрен основной документ территориального планирования, законодательство и элементы строительного контроля. Авторами статьи предложена концепция создания единой комплексной территориальной геоинформационной системы GRADGIS, которая должна будет базироваться на алгоритмах искусственного интеллекта и машинном обучении, и логотип этой ГИС.

Ключевые слова: геоинформационная система, искусственный интеллект, градостроительный кодекс, лазерное сканирование, строительный контроль, 3D модель, ЦУР.

Zabroda Olga Stanislavovna

Student,
Kuban State Technological University
olechka.zabroda@yandex.ru

Gura Dmitry Andreevich

Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor of the Cadastral and
Geoengineering Department,
Kuban State Technological University,
Assistant Professor of
the Geodesy Department,
Kuban State Agrarian University
gda-kuban@mail.ru

Drazhetsky Daniil Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
drazhetsky@mail.ru

Panchenko Ekaterina Anatolevna

Student,
Kuban State Technological University
catepanchenko@gmail.com

Annotation. The development of cities can't do without modern technologies. Laser scanning is an advanced technology that is used more and more often every day. It has found particular application in urban planning activities, and, in particular, in territorial planning. This article discusses the main document of territorial planning, legislation and elements of construction control. The authors of the article proposed the concept of creating a single integrated territorial geographic information system GRADGIS, which should be based on artificial intelligence algorithms and machine learning, and the logo of this GIS.

Keywords: geoinformation system, artificial intelligence, urban planning code, laser scanning, construction control, 3D model, SDGs.

Н а сегодняшний день проблема развития городов стоит очень остро. Градостроительная деятельность, как и любая другая сфера очень зависит от степени развития технологий. Потому сейчас, как никогда важно внедрение современных технологий в данную сферу. Строительство один из основных катализаторов экономической деятельности в нашей стране, а цифровые технологии позволяют укрепить национальную экономику.

По определению Градостроительного кодекса Российской Федерации (далее ГрК РФ), градостроительная деятельность – это деятельность по развитию территорий, в том числе городов и иных поселений, осуществляемая в виде территориального

планирования, градостроительного зонирования, планировки территории, архитектурно-строительного проектирования, строительства, капитального ремонта, реконструкции, сноса объектов капитального строительства, эксплуатации зданий, сооружений, комплексного развития территорий и их благоустройства [1].

Одним из важных элементов градостроительной деятельности является территориальное планирование. Оно должно определять возможности развития территорий, вид их использования и зоны размещения ОКС. Территориальное планирование решает вопросы развития транспортной, инженерной и социальной инфраструктур. Назначение территорий определяется из совокупности множества факторов (экономические, экологические, социальные и т.д.) [2].

В соответствии с ГрК РФ одним из основных документов территориального планирования являются схемы территориального планирования. Подготовка схем территориального планирования осуществляется на основании результатов инженерных изысканий в соответствии с требованиями технических регламентов. Разработка, согласование, утверждение и реализация градостроительной документации осуществляются на основе материалов соответствующих комплексных инженерных изысканий, состав которых определяется в зависимости от вида градостроительной документации [1].

Разработка схем и проектов территориального планирования так же не может обойтись без цифровых технологий. Использование интеллектуальной системы поддержки принятия решений для территориального планирования является экономически оправдано, так как позволит упростить и ускорить процесс работы с информацией и данными, за счет использования искусственного интеллекта и машинного обучения.

При использовании современных технологий при разработке градостроительной документации учитывается формат и структура имеющихся у заказчика электронных картографических и других информационных данных. В качестве картографической основы при разработке градостроительной документации с использованием геоинформационных систем применяются цифровые топографические карты и планы городов или составленные на их основе производные цифровые карты.

3D-технологии являются перспективной, но уже отлично зарекомендовавшей себя сферой деятельности. Использование 3D-геоданных является мировым трендом и применяется как в территориальном планировании, градостроительном и архитектурно-строительном проектировании, так и в создании проектов высокотехнологического бизнеса [3].

Для получения качественной основы при работе с геопространственными данными в сфере градостроительства уже нельзя обойтись без технологии лазерного сканирования. Лазерное сканирование является уникальным методом сбора информации об объекте. Позволяет оперативно получать метрическую и координатную информацию, путем измерения расстояния от сканера до точек отражения. Все измерения производятся с огромной скоростью и в зависимости от типа сканера могут достигать до двух миллионов измерений в секунду. Лазерное сканирование подразделяется на 3 вида: наземное, мобильное и воздушное [4].

Наземное лазерное сканирование является наиболее точным среди других видов лазерного сканирования. Этот тип лазерного сканирования подходит для сложных сооружений и внутренних съемок, используется для получения очень детальных 3D-моделей объектов, фасадных планов и т.д. При производстве съемки наземного лазерного сканирования необходимо на местности закрепить геодезическую основу – точки (марки), для которых заранее известны координат, к которым можно произвести привязку, далее в специальном ПО полученные данные обрабатываются и могут использоваться в дальнейшем [4–5, 9].

Воздушное лазерное сканирование, в результате которого получается объемное облако точек обширной территории существенно экономит время по сравнению с классическими методами съемки объектов инфраструктуры. Полученные данные могут применяться при создании ортофотопланов, цифровых моделей рельефа, 3D-моделей

существующих объектов. Результатом таких работ служат: ГИС данные, высокоточные топографические карты и планы масштабов от 1:500 до 1:10000; продольные и поперечные профили. Воздушное лазерное сканирование также может применяться при отслеживании использования земель в соответствии с их целевым назначением [6–7].

В области градостроительства немаловажную роль играет и строительный контроль, базовым документом которого является градостроительный кодекс, в соответствии с которым нормативная база регулируется законами и иными правовыми актами федерального, регионального уровня и местного самоуправления.

В соответствии с ГрК РФ, строительный контроль – это комплекс экспертно-проверочных мероприятий, осуществляемых с оптимальной регулярностью и по строгому контролю соответствия всего процесса строительных и ремонтных работ действующим нормам и правилам, а также проектной документации [1].

Строительный контроль включает в себя ряд мероприятий и процедур, которые обязательны для исполнения на каждом этапе строительства, реконструкции или капитального ремонта ОКС. Задача строительного контроля состоит в создании многоуровневой интегрированной системы, включающей эти мероприятия.

Строительный контроль состоит из строительного контроля застройщика, лабораторного контроля, геодезического контроля (который на данный момент можно осуществлять с помощью технологии лазерного сканирования), производственного контроля, авторского надзора и контроля качества инженерных изысканий [8–9].

В настоящее время развитие территорий, повышение производительности труда, уровня жизни и эффективности вложений невозможно без интеллектуального управления территориями. Для этого предлагается создать единую комплексную территориальную геоинформационную систему GRADGIS (рис. 1), которая будет содержать в себе интеллектуальную систему поддержки принятия решений и должна базироваться на алгоритмах машинного обучения на основе сформированной обучающей выработки, искусственного интеллекта, распознавания отдельных объектов для дальнейшего создания из данных полученных лазерным сканированием 3D-моделей. GRADGIS будет включать в себя ряд следующих модулей:

1. Интерактивный виртуальный портал на основе полученных данных;
2. Комплексная информационная платформа устойчивого развития;
3. Фонд высокоточных материалов;
4. Выполнение высокоточных съемок различных конструкций (в т.ч. объекты историко-культурного наследия).



Рисунок 1 – Логотип геоинформационной системы

Рассмотрим каждый из предложенных модулей подробнее (табл. 1).

В результате будет создан геоинформационный портал, реализующий функции:

1. Информационно-справочной системы по туристическим объектам в трёхмерном виде;
2. Трёхмерная оболочка, подобная google-earth или yandex-карты;
3. Система скачивания приложений для движения пользователя внутри виртуальной модели объекта;
4. Виртуальные модели объектов (объекты инфраструктуры, соборы, исторические центры городов, ландшафты, природные памятники).

Таблица 1 – Цели и функции модулей ГИС

№ модуля	Цель	Функции
1	Привлечение потока людей через повышение информированности о данном регионе	Данные о состоянии государственных дошкольных и школьных образовательных учреждений; Данные о ценообразовании; Данные о транспортной инфраструктуре; Данные здравоохранения; Данные жилищного фонда все объекты будут представлены на карте в формате 3д моделей
2	Создание интеллектуальной системы поддержки принятия решений при развитии и управлении территорией	Целостность системы обеспечивается единством специализированного программного обеспечения, методами сбора информации, методиками обработки информации, системами кодировки объектов и процессов, осуществляемыми посредством технологии наземного и воздушного лазерного сканирования
3	Массовая высокоточная оценка территории наиболее передовыми методами	Картографические материалы; Проектная документация; Конкретные проектные решения; Текстовые отчеты; Таблицы и базы данных; Экономико-статистические показатели; Фото и видеоматериалы; Данные наземных обследований; Данные диагностики; Данные о реконструкции объектов
4	Обеспечение сохранности и контроля состояния конструкций и уникальных исторических объектов	Мониторинг объектов инфраструктуры, осуществляемый посредством технологии наземного и воздушного лазерного сканирования

Таким образом, данные, полученные посредством лазерного сканирования, позволяют создавать ГИС управления территорией, выполнять разработку основных технических решений и вариантов оптимального расположения объектов, а также сэкономить средства за счет разработки оптимальных проектных решений.

Благодарность: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00849

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 06.12.2021). Источник: справочная правовая система «Консультант Плюс». – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040
2. Погребная Н.А. Назначение территориального планирования и виды документов территориального планирования // Научные итоги 2017 года: достижения, проекты, гипотезы. – 2017. – С. 120–124.
3. Клевцова А.П., Нерозина С.Ю. Современное строительство с применением новейших цифровых технологий // Молодежь и системная модернизация страны. – 2021. – С. 67–73.
4. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Акопян Г.Т. Применение наземного лазерного сканирования в строительстве и BIM-технологиях // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2018. – № 2. – С. 254–256.
5. Руденко Ю.М., Богданец Е.С. Актуальность лидарной съемки на данном этапе развития лазерного сканирования // Технические науки – от теории к практике. – 2016. – № 5 (53). – С. 20–29.
6. Гура Д.А., Осенняя А.В., Марковский И.Г. Мониторинг использования земель с помощью технологии трехмерного лазерного сканирования // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. – 2021. – С. 94–98.
7. Ноздрин В.Н., Зыков И.Ю. Применение лазерного сканирования при построении 3D-моделей // Высокие технологии в современной науке. – 2013. – С. 343–345.
8. Богданов А.Н., Листратов Я.А. Строительный контроль методом наземного лазерного сканирования // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – № 4 (50). – С. 401–409.

9. База данных «трехмерные координаты марок многоэтажного жилого здания для определения смещений и осадок» / Г.Г. Шевченко [и др.] // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2018621135, 24.07.2018. Заявка № 2018620403 от 06.04.2018.

References

1. The Urban Planning Code of the Russian Federation dated 29.12.2004 N 190-FZ (as amended on 06.12.2021). Source: Reference legal system «Consultant Plus». – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040
2. Pogrebnaya N.A. Purpose of territorial planning and types of documents of territorial planning // Scientific results of 2017: achievements, projects, hypotheses. – 2017. – P. 120–124.
3. Klevtsova A.P., Nerozina S.Yu. Modern construction with the use of the latest digital technologies // Youth and systemic modernization of the country. – 2021. – P. 67–73.
4. Shevchenko G.G., Gura D.A., Hakobyan G.T. Application of ground laser scanning in construction and BIM-technologies // Scientific works of the Kuban State Technological University. – 2018. – № 2. – P. 254–256.
5. Rudenko Yu.M., Bogdanets E.S. The relevance of lidar imaging at this stage of laser scanning development // Technical Sciences – from Theory to Practice. – 2016. – № 5 (53). – P. 20–29.
6. Gura D.A., Autumn A.V., Markovsky I.G. Monitoring the use of land using three-dimensional laser scanning technology // Modern problems and prospects for the development of land and property relations. – 2021. – P. 94–98.
7. Nozdrin V.N., Zykov I.Yu. Application of laser scanning in the construction of 3D-models // High technologies in modern science. – 2013. – P. 343–345.
8. Bogdanov A.N., Listratov Ya.A. Stroitelnyi control by ground laser scanning // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturnogo stroitel'nogo universiteta. – 2019. – № 4 (50). – P. 401–409.
9. Database «three-dimensional coordinates of stamps of a multi-storey residential building for determining displacements and sediment» / G.G. Shevchenko [et al.] // Certificate of registration of the database RU 2018621135, 24.07.2018. Application № 2018620403 dated 06.04.2018.

УДК 656.073

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



LOGISTICS METHODS USED IN THE IMPLEMENTATION OF FREIGHT FORWARDING ACTIVITIES

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Соскова В.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены логистические методы, используемые при осуществлении транспортно-экспедиционной деятельности. Существует большое количество разнообразных методов, для повышения экономической эффективности предприятия. Выделим из них три основных: совершенствование техники, технологии или продукции, совершенствование организации управления производством и совершенствование системы управления предприятием.

Ключевые слова: транспорт, логистические методы, транспортно-пересадочные узлы, транспортная инфра-структура, транспортно-экспедиционная деятельность.

Konovalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

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 logistics methods used in the implementation of freight forwarding activities. There are a large number of different methods to increase the economic efficiency of the enterprise. We will distinguish three main ones from them: improvement of equipment, technology or products, improvement of the organization of production management and improvement of the enterprise management system.

Keywords: transport, logistics methods, transport hubs, transport infrastructure, freight forwarding activities.

Существует большое количество разнообразных методов, для повышения экономической эффективности предприятия. Выделим из них три основных: совершенствование техники, технологии или продукции, совершенствование организации управления производством и совершенствование системы управления предприятием [1–3].

Стоит отметить, что первый способ подходит для производственных компаний и в меньшей степени относится к компаниям, работающим в сфере торговли, кроме того данный путь совершенствования требует значительных материальных затрат. Промышленным предприятиям необходимо уделить особое внимание организации процесса производства, данный аспект может в значительной мере сократить их затраты, тем самым повысить эффективность предприятия. При стремлении повысить эффективность предприятий занимающихся торговлей, мы должны работать с системой организации деятельности и системой управления, что должно привести к повышению уровня конкурентоспособности предприятия. Маркетинг и логистика являются основными науками, которые помогают разобраться и усовершенствовать данные процессы.

Логистика позволяет в значительной степени повысить эффективность предприятий. Так, по данным крупнейших аналитических компаний, использование современных логистических методов управления позволяет сократить производственные затраты от 5 до 15 %, время выхода на рынок – от 15 до 30 %, объемы материально-технических запасов – от 20 до 40 %, затраты на закупку товаров – от 5 до 15 % и увеличить прибыль – от 5 до 15 %. Как видно из приведенных данных, использование современных логистических подходов управления предприятием позволяет значительно сократить затраты предприятия и повысить конкурентоспособность его продукции [4–6].

В данной работе мы хотим обратить внимание на логистические методы, которые могут повышать эффективность деятельности компании. К основным методам, которые использует логистика, и которые позволяют оказывать значительное влияние на объект управления можно отнести:

- метод кибернетики;
- экономико-математическое моделирование;
- исследования операций;
- системный анализ;
- прогностический метод.

Данные методы дают нам возможность прогноза параметров материальных потоков, возможность формирования динамических систем управления движением продуктов и других ценностей. С помощью данных методов мы можем оптимизировать запасы товара на складе, спрогнозировать будущие продажи, определить наиболее прибыльные товары и решить множество других задач.

Системный метод анализа подразумевает, что любая логистическая цепочка и все потоки предприятия, является элементом единой системы, которая подлежит аналитическому исследованию. Сформированная единая система позволяет определить возможные пути совершенствования всех направлений потоков, как денежных, материальных, информационных, так и других.

Информационный подход к управлению логистическими операциями носит название кибернетического метода. Логистика и все ее операции рассматриваются как кибернетическая система, которая состоит из большого количества взаимосвязанных объектов [7–9].

Метод моделирования основывается на создании логических моделей, являющихся реальными процессами логистики.

Метод исследования операций использует количественный подход к процессу принятия управляющих решений. Наилучшее решение, при этом методе, содержит такой набор факторов, который делает эффективность операции оптимальной по величине. Данный метод используется для изучения ресурсов, оптимизации складских запасов, совершенствования схем поставок грузов. Этим методом можно распределить работу между единицами оборудования, между подразделениями производства так, что прибыль достигнет максимальных величин.

Одним из ключевых логистических методов управления на предприятии является метод прогностики. Он дает возможность прогнозировать динамику развития различных систем и показателей предприятия, при этом применяя научно обоснованные подходы. Применяя данный метод, можно использовать различные пути для получения данных:

- анализ рядов данных, статистической информации, в которых можно выявить зависимость для определения будущей тенденции;
- экспертные оценки, но данный показатель носит субъективный характер и имеет различные значения, при изменении состава экспертов
- исследование причинно-следственных связей.

Использование современных логистических методов позволяет повысить эффективность бизнеса и привести компанию к достижению оптимальных результатов.

Безусловно, упоминание основных логистических методов далеко не раскрывает весь объем работ, выполняемых при использовании любого из методов или их совокупности. Логистика – это серьезная наука со сложным математическим и методологическим аппаратом, освоение которой представляет немалую сложность, но и выгоду при практическом приложении. Логистические издержки составляют большую часть затрат производства, их оптимизация является необходимой мерой для каждой компании [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 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. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
8. 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.
9. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
10. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
11. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
12. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Миронова М.П., Надирян С.Л. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие. – Краснодар, 2019.
13. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
14. 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.] // 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 school // 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. 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.

8. Features of marketing research in the passenger transportation market for orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – С. 89–93.
9. Evaluation of design solutions in transport. textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
10. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows: textbook. – Krasnodar, 2017.
11. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes: textbook. – Krasnodar, 2018.
12. Analysis of the work of transport systems: textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
13. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryan S.L. Methods of assessing the effectiveness of traffic management: textbook. – Krasnodar, 2018.
14. 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

**ОСОБЕННОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ**



**FEATURES OF THE PLACEMENT AND FUNCTIONING OF
TRANSPORT HUBS IN LARGE CITIES**

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Соскова В.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены особенности размещения и функционирования транспортно-пересадочных узлов в крупных городах. Анализ градостроительного развития современных отечественных и зарубежных ТПУ показывает, что на сегодняшний день транспортно-пересадочный узел – это узловый элемент планировочной структуры поселения транспортно-общественного назначения, в котором осуществляется пересадка пассажиров между различными видами городского, регионального, внешнего и индивидуального транспорта в различных комбинациях, а также попутное обслуживание пассажиров объектами социальной инфраструктуры.

Ключевые слова: транспорт, улично-дорожная сеть, транспортно-пересадочные узлы, транспортная инфраструктура.

Konvalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Soskova V.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Annotation. This article discusses the features of the placement and functioning of transport hubs in large cities. An analysis of the urban development of modern domestic and foreign TPU shows that today a transport interchange hub is a nodal element of the planning structure of a public transport settlement, in which passengers are transferred between various types of urban, regional, external and individual transport in various combinations, as well as passing passenger service by social infrastructure facilities.

Keywords: transport, road network, transport hubs, transport infrastructure.

Анализ градостроительного развития современных отечественных и зарубежных ТПУ показывает, что на сегодняшний день транспортно-пересадочный узел – это узловый элемент планировочной структуры поселения транспортно-общественного назначения, в котором осуществляется пересадка пассажиров между различными видами городского, регионального, внешнего и индивидуального транспорта в различных комбинациях, а также попутное обслуживание пассажиров объектами социальной инфраструктуры [1–3].

Система транспортно-пересадочных узлов – часть транспортной инфраструктуры, представляющая собой единство закономерно расположенных ТПУ, объединенных различными видами СВТ и УДС.

В составе современного ТПУ возможно размещение следующих объектов:

- зданий и технических устройств линейных объектов железнодорожного и скоростного внеуличного транспорта, конечных станций, тяговых подстанций, технических служб обеспечения эксплуатации железнодорожного и скоростного внеуличного транспорта [4–7];
- зданий, технических устройств и сооружений технической инфраструктуры железнодорожного транспорта;
- здания и технических устройств речных портов, речных вокзалов, причалов, пристаней и иных сооружений, обеспечивающих эксплуатацию водного транспорта;
- зданий и технических устройств транспортных сооружений магистральной улично-дорожной сети, технических служб обеспечения эксплуатации магистральной улично-дорожной сети;

- зданий и технических устройств пересадочных комплексов, вокзалов, причалов, станций, остановок транспорта, в том числе скоростного внеуличного транспорта, диспетчерских пунктов наземного общественного транспорта, пунктов контроля безопасности движения;
- зданий и технических устройств специального назначения;
- зданий и спасательных служб;
- гаражно-стояночных объектов всех типов;
- элементы пешеходной и велотранспортной инфраструктуры, расположенные в границах территории ТПУ;
- административно-деловые объекты;
- торгово-бытовые объекты;
- спортивно-рекреационные объекты;
- общественно-деловые объекты;
- производственные объекты, а также иные объекты, предназначенные для размещения в составе общественно-деловых зон в соответствии с СП 42.13330. Размещение всех этих элементов на территории ТПУ превращает его в пересадочный комплекс.



Рисунок 1 – Принципиальная схема современного ТПУ

Пересадочный комплекс – специальное сооружение, объединяющее вестибюли станций СВТ, посадочные перроны НРТ, перехватывающую стоянку, объекты попутного обслуживания пассажиров и другие элементы ТПУ, обеспечивающие максимально комфортные условия пересадки пассажиров [8–10].

Развитие населенных мест и систем расселения ставит перед транспортной инфраструктурой задачу обеспечения ежедневного перемещения значительного количества жителей в утренние и вечерние часы пик. Транспортной инфраструктуре необходимо обеспечить устойчивые связи между основными районами тяготения, расположенными на территории, – крупными жилыми образованиями, территориями концентрации мест приложения труда, торговыми и выставочными центрами, объектами досуга и культуры и многими другими элементами планировочной структуры.

Для рассмотрения и анализа функционирования существующих ТПУ, а также для сравнения вариантов проектных решений по развитию узлов между собой и существующим положением определены основные показатели, характеризующие функционирование ТПУ:

1. Пассажиरोобмен ТПУ – это суммарный объем посадки и высадки пассажиров на остановочных пунктах всех маршрутов и видов пассажирского транспорта, входящих в состав ТПУ, с учетом пешеходных связей с прилегающими районами и пассажиров, пересеживающихся с индивидуального на общественные виды транспорта за определенное время.

2. Коэффициент пересадочности ТПУ, который определяется отношением количества пассажиров, совершающих пересадку, к общему количеству пассажиров, проходящих через узел.

3. Частота движения маршрутов – суммарное количество транспортных средств всех маршрутов, имеющих остановочные пункты в составе ТПУ, проходящих через остановочные пункты ТПУ за единицу времени (как правило за час).

4. Коэффициент загрузки УДС определяет пропускную способность прилегающей к ТПУ улично-дорожной сети. Коэффициент определяется как отношение существующей (проектной) интенсивности транспортных потоков к расчетной пропускной способности участка УДС [11–14].

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 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. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
8. 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.
9. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
10. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
11. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
12. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Миронова М.П., Надирян С.Л. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие. – Краснодар, 2019.
13. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
14. 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.] // 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 school // 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. 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.
8. Features of marketing research in the passenger transportation market for orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – C. 89–93.
9. Evaluation of design solutions in transport. textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
10. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows: textbook. – Krasnodar, 2017.
11. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes: textbook. – Krasnodar, 2018.
12. Analysis of the work of transport systems: textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
13. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryan S.L. Methods of assessing the effectiveness of traffic management: textbook. – Krasnodar, 2018.
14. 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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК
В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**



**WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF INTERNATIONAL TRANSPORTATION
IN LOGISTICS TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Миронова М.П.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Соскова В.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены вопросы повышения эффективности международных перевозок в логистических транспортно-технологических системах. Основные тенденции развития мирового рынка логистического сервиса определяются переходом от оказания специализированных услуг к предоставлению комплексных логистических решений в сфере поставок посредством повышения роли цифровых технологий в логистике, развития мультимодальных перевозок и увеличения доли транспортно-логистического аутсорсинга.

Ключевые слова: международная перевозка, транспортная система, логистика транспорта, транспортная услуга, логистический процесс, международный товарообмен, транспорт.

Konovalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Mironova M.P.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

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 improving the efficiency of international transportation in logistics transport and technological systems. The main trends in the development of the global logistics service market are determined by the transition from the provision of specialized services to the provision of integrated logistics solutions in the field of supply by increasing the role of digital technologies in logistics, the development of multimodal transportation and increasing the share of transport and logistics outsourcing.

Keywords: international transportation, transport system, transport logistics, transport service, logistics process, international commodity exchange, transport.

Основные тенденции развития мирового рынка логистического сервиса определяются переходом от оказания специализированных услуг к предоставлению комплексных логистических решений в сфере поставок посредством повышения роли цифровых технологий в логистике, развития мультимодальных перевозок и увеличения доли транспортно-логистического аутсорсинга [1–3].

Транспортная политика РФ направлена на повышение конкурентоспособности национальных транспортных операторов на международных рынках и продвижение их интересов в рамках двустороннего и многостороннего переговорных процессов в области транспорта [4–7]. Согласно Транспортной стратегии РФ до 2030 года основные общесистемные проблемы развития транспортной отрасли состоят в следующем:

- наличие территориальных и структурных диспропорций в развитии транспортной инфраструктуры;
- недостаточный уровень доступности транспортных услуг для населения, мобильности трудовых ресурсов;
- недостаточное качество транспортных услуг; низкий уровень экспорта транспортных услуг, в том числе использования транзитного потенциала;
- недостаточный уровень транспортной безопасности; усиление негативного влияния транспорта на экологию.

Согласно исследованию Всемирного банка, Россия занимает 75 место в мире по индексу эффективности логистики. Повышение эффективности логистики может, с одной стороны, привлечь дополнительные транзитные грузопотоки, а с другой – повысить конкурентоспособность российской экономики и дать потенциал для привлечения дополнительных инвестиций. Рассмотрим подробнее позиции Российской Федерации в мире, таблица 1.

Таблица 1 – Позиции Российской Федерации в мире

Показатель	Позиция в мире на рынке транспортно-логистических услуг	Характеристика
Протяженность железнодорожных линий общего пользования – 87 тыс. км	3-е место в мире	Россия характеризуется высоким показателем средней дальности перевозок железнодорожным транспортом, т.к. основные грузоотправители расположены в центре страны, а значительная доля грузовых потоков направлена на экспорт. В Индии и Китае этот показатель примерно в три раза ниже.
Протяженность автомобильных дорог – 1542 тыс. км	5-е место в мире	Перевозки автомобильным транспортом в России, несмотря на значительную протяженность страны с запада на восток, выполняются в основном на небольшие расстояния. В России, США и Китае – сопоставимая доля автотранспорта в структуре объема перевезенных грузов (~ 60–75 %), однако доля автомобильного транспорта в структуре грузооборота в России значительно ниже (около 5 % против ~ 40 % в США и ~ 34 % в Китае).
Крупнейший порт по объему перевалки (Новороссийск) – 157 млн тонн	3-е место в Европе	В Европе функционируют лишь два порта с объемом перевалки более 200 млн тонн – порт Роттердам (440 млн тонн в 2019 году) и порт Антверпен (214 млн тонн в 2019 году). Крупнейшие российские порты – порт Новороссийск и порт Усть-Луга – имеют грузооборот свыше 100 млн тонн, сопоставимый с грузооборотом европейских портов Гамбурга и Амстердама. Объем перевалки в прочих портах Европы составляет менее 100 млн тонн.
Протяженность внутренних водных путей – 102 тыс. км	2-е место в мире 102 тыс. км	В России водный транспорт (морской и речной) занимает небольшую долю в грузообороте (около 2 %), в то время как в Китае он обеспечивает около половины грузооборота, а в США – порядка 10 %.

Одним из основных драйверов развития транспортных систем является рост мировой торговли. В 2020 году впервые за несколько лет произошел значительный спад как мировой торговли (– 5,3 % – по предварительной оценке ВТО), так и мирового ВВП (– 4,3 % – по предварительной оценке Всемирного банка) [7–11]. Основными негативными факторами являются:

- экономический кризис, вызванный пандемией COVID-19;
- экономические ограничения, введенные рядом стран ЕС против России, и ответные ограничения со стороны России;
- ужесточение экологической политики некоторых стран ЕС;
- принятие обязательств по снижению добычи нефти в рамках соглашения ОПЕК+.

Процессы интернационализации мировой экономики формируют систему факторов развития глобальной логистики, охватывающую социально-экономические, политические, технологические и экологические факторы, рассматриваемые в контексте логистического подхода в международной торговле. Рынок транспортных услуг включает пять основных макросегментов:

- активы и инфраструктура транспорта;
- услуга транспортировки груза;
- экспедирование грузов (3PL сервисы);
- контрактная логистика (комплексные 3PL сервисы);
- интегрированная логистика (4PL сервисы).

Логистический процесс международного товарообмена, регулируемый инструментами таможенного администрирования, объединяет в принципе такие же элементы, но связанные с проведением импортных и экспортных поставок. Современные региональные ТЛС для повышения своей конкурентоспособности заинтересованы в развитии международных перевозок. Повышение эффективности международных перевозок на различных видах транспорта будет достигаться за счет следующих механизмов, таблица 2.

Таблица 2 – Направления повышения эффективности международных перевозок

Вид транспорта	Направления повышения эффективности международных перевозок
Автомобильный транспорт	<ol style="list-style-type: none"> 1. создание эффективно функционирующего правового режима; 2. более широкое применение новых технологий; 3. организация профессиональной подготовки применительно к международным автомобильным перевозкам; 4. создание/укрепление национальных координационных механизмов по упрощению процедур; 5. содействие организации совместного контроля в местах пересечения границ; 6. содействие созданию экономических зон в местах пересечения границ, «сухих портов» и центров логистики; и г) дальнейшее применение инструментов по упрощения процедур.
Железнодорожный транспорт	<ol style="list-style-type: none"> 1. участие в деятельности международных железнодорожных организаций; 2. разработка субрегиональных и двусторонних соглашений об упрощении процедур железнодорожных перевозок; 3. сотрудничество в стандартизации трансграничных железнодорожных перевозок; 4. использование системы уведомления о пассажирах/грузе; 5. договоренность об обмене вагонами; 6. использование новых технологий в процессе железнодорожных перевозок, а также в отслеживании контейнеров; 7. развитие людских ресурсов для обслуживания трансграничных железнодорожных перевозок; 8. создание логистических центров/«сухих портов» и ремонтных центров на пограничных пересадочных станциях и вблизи них, прежде всего вдоль железнодорожных грузовых коридоров; 9. упрощение интермодального взаимодействия железных дорог с морским, воздушным и автомобильным транспортом; 10. содействие использованию коридорного подхода в процессе упрощения процедур международных железнодорожных перевозок; 11. работа в направлении обеспечения безбумажных железнодорожных грузовых перевозок.
Морской транспорт	<ol style="list-style-type: none"> 1. развития инфраструктуры портов; 2. оптимизации Импортных/экспортных правил в целях содействия эффективному таможенному оформлению грузов; 3. использования информационно-коммуникационных технологий для создания электронных систем портовой логистики в целях повышения качества портовых услуг и прозрачности путем создания условий для отслеживания грузов, что, тем самым, способствует соблюдению административных требований и обмену соответствующей транспортно-логистической информацией; 4. развитие каботажного судоходства.

Внедрение высокоорганизованной технологии организации международных перевозок в транспортно-технологическую систему региона, позволит повысить эффективность ее работы за счет ключевых драйверов роста, таких как:

- повышение эффективности логистики, включая цифровизацию транспортных коридоров и узлов;
- рост грузооборота и усложнение логистических цепочек (рост грузов с высокой добавленной стоимостью);
- применение экологически-ориентированных и ресурсосберегающих транспортных технологий;
- увеличение доли мультимодальных и интермодальных перевозок;
- увеличение доли услуг, переданных на аутсорсинг;
- формирование и реализацию долгосрочных планов развития транспортной инфраструктуры.
- комбинирование различных видов транспорта при перевозке грузов;
- применение новых принципов движения с целью повышения скорости доставки грузов;
- новые торговые пути;

Так одним из средств повышения эффективности международных перевозок является внедрение новых видов технологий. Разработка и внедрение таких прогрессивных технологий позволит транспортным системам России интегрироваться в аналогичные международные логистические системы перевозок и повысить на этой основе эффективность и качество транспортного обслуживания, в том числе логистического и сервисного [12–14].

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 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. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
8. 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.
9. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
10. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.
11. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.

12. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Миронова М.П., Надирян С.Л. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие. – Краснодар, 2019.
13. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
14. 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.] // 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 school // 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. 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.
8. Features of marketing research in the passenger transportation market for orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – C. 89–93.
9. Evaluation of design solutions in transport. textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
10. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows: textbook. – Krasnodar, 2017.
11. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes: textbook. – Krasnodar, 2018.
12. Analysis of the work of transport systems: textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
13. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryan S.L. Methods of assessing the effectiveness of traffic management: textbook. – Krasnodar, 2018.
14. 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

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ



THEORETICAL FOUNDATIONS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF LOGISTICS TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Миронова М.П.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Соскова В.В.

Кубанский государственный технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены теоретические основы оценки эффективности логистических транспортно-технологических систем. Качество логистического сервиса можно определить, как степень соответствия всего комплекса услуг, оказываемых логистическими посредниками потребностям и ожиданиям потребителей.

Ключевые слова: логистический сервис, транспортная продукция, экономическая эффективность, логистическая транспортно-технологическая система, международные перевозки, качество транспортных услуг, транспорт.

Konvalova T.V.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Mironova M.P.

Kuban State Technological University
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

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 theoretical foundations of assessing the effectiveness of logistics transport and technological systems. The quality of logistics service can be defined as the degree to which the entire range of services provided by logistics intermediaries meets the needs and expectations of consumers.

Keywords: logistics service, transport products, economic efficiency, logistics transport and technological system, international transportation, quality of transport services, transport.

Качество логистического сервиса можно определить, как степень соответствия всего комплекса услуг, оказываемых логистическими посредниками потребностям и ожиданиям потребителей. При этом характеристики продукции транспорта бывают как исчисляемые (показатели работы транспорта), так и неисчисляемые (определяющие его качественное состояние) [1–4]. Из этого вытекают следующие положения:

- показатели качества должны быть измеримы;
- приоритет конечных потребительских оценок показателей качества перед внутриотраслевыми;
- показатели качества транспортного обслуживания должны быть унифицированы по видам транспорта;
- определение общего, интегрального показателя качества транспортного обслуживания.

Опираясь на представленные положения можно выделить три группы показателей качества логистической услуги (рис. 1).

Оценка эффективности представляет совокупность операций, включающих выбор номенклатуры показателей полезных эффектов оцениваемой логистической услуги, определение значений этих показателей, сравнение их со значениями, определяемыми как базовые, или с ресурсами, затраченными на достижение этого полезного эффекта и определение степени их соответствия.

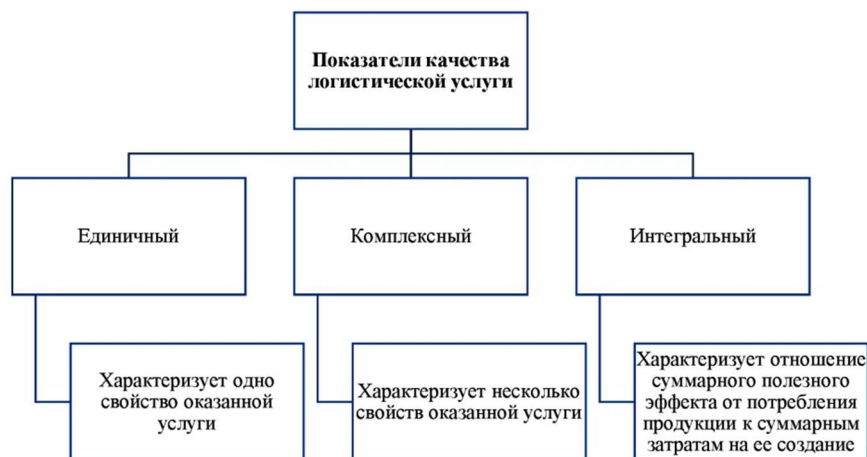


Рисунок 1 – Группы показателей качества логистической услуги

Оценка эффективности необходима при решении следующих управленческих задач:

- прогнозирование потребностей в продукции, её технического уровня и качества;
- планирование повышения качества и объёмов производства продукции;
- обоснование новых видов продукции;
- контроль качества.

Качество логистической услуги оценивается непосредственно в период ее оказания, но при оценке эффективности международной перевозки логистической транспортно-технологической системе необходимо заложить в нее логистические услуги высокого, или, по крайней мере, приемлемого для потенциального потребителя качества. Однако, возникает серьезная проблема определения критериев качества логистического сервиса с точки зрения потребителя будущей логистической системы. При этом, необходимо понимать, что при оценке качества оказываемых логистических услуг, потребитель всегда сравнивает действительные значения параметров услуги с ожидаемыми им параметрами. В случае, если ожидания потребителя совпадают с фактическими параметрами услуги, он признает ее качество приемлемым. То есть оценка эффективности с этой позиции будет осуществляться репутацией компании на транспортном рынке [5–9].

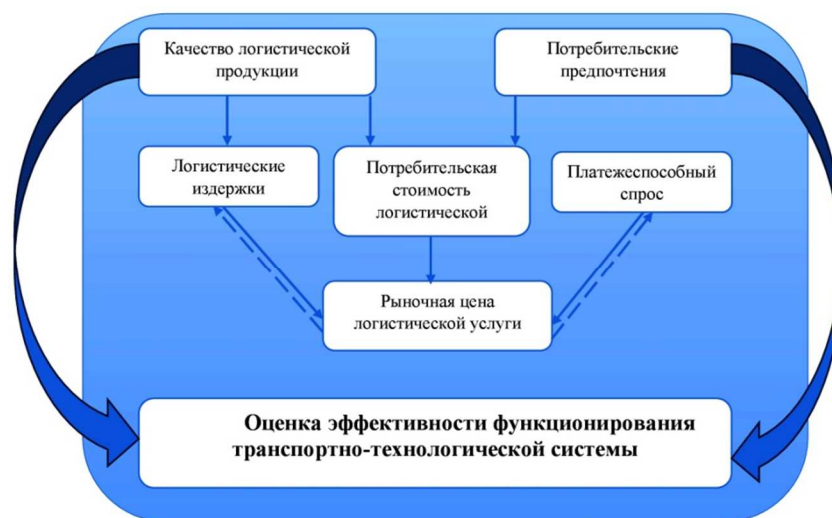


Рисунок 2 – Модель оценки эффективности функционирования транспортно-технологической системы

Спектр логистических услуг, предоставляемых транспортными предприятиями различен, поэтому соотношение, степень значимости для перевозчика каждого из элементов транспортного сервиса и качества оказываемых логистических услуг для по-

требителя могут быть различны, более того, они постоянно меняются во времени в зависимости от изменения структуры производственных затрат, характера внутренней и внешней среды.

Оценка уровней значимости показателей транспортного обслуживания представлена на рисунке 3.

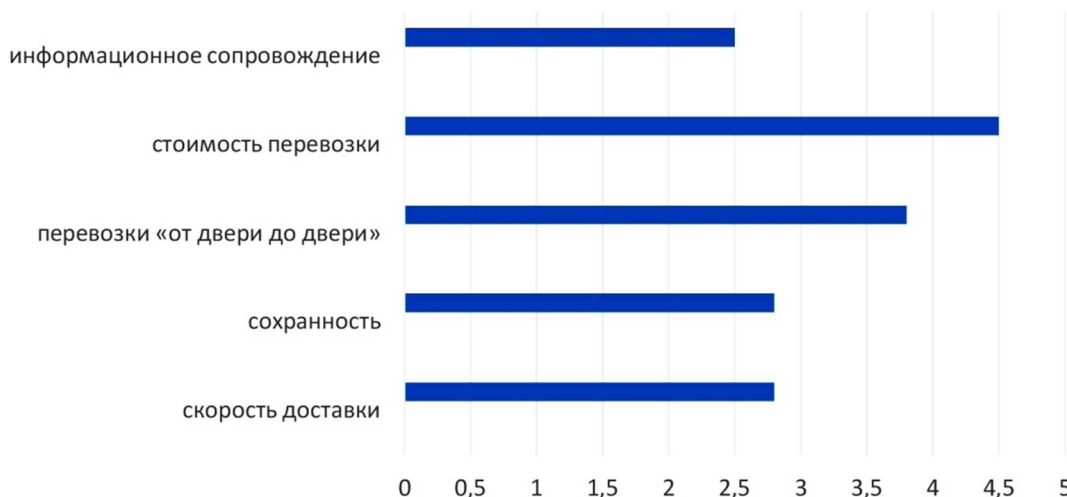


Рисунок 3 – Оценка уровней значимости показателей транспортного обслуживания

Система показателей оценки эффективности функционирования транспортно-технологической системы на международном уровне и на региональном представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Система показателей оценки эффективности функционирования транспортно-технологической системы

Система показателей оценки эффективности функционирования транспортно-технологической системы на международном уровне		
индекс эффективности логистики (LPI)	индекс глобальной интеграции (GCI)	индекс развития логистического рынка (EMLI)
Показатели оценки эффективности функционирования		
1) Эффективность таможенного и пограничного оформления (customs); 2) качество торговой и транспортной инфраструктуры (infrastructure); 3) простота организации международных перевозок по конкурентоспособным ценам (international shipments); 4) качество и компетентность логистических услуг (logistics quality and competence); 5) отслеживание прохождения грузов (tracking & tracing); 6) своевременность поставок грузов (timeliness)	1) Субиндекс «Международные потоки товаров» (Trade Pillar); 2) субиндекс «капитал» (Capital Pillar); 3) субиндекс «информация» (Information Pillar); 4) субиндекс «человеческие ресурсы» (People Pillar)	1) Размер и динамика развития рынка (market size & growth); 2) рыночная совместимость (market compatibility); 3) развитие транспортных коммуникаций (connectedness)

Окончание таблицы 1

Система показателей оценки эффективности функционирования транспортно-технологической системы региона			
Показатели оценки эффективности функционирования			
Мера плотности транспортной инфраструктуры	Грузооборот, т-км	Доля логистических издержек в конечной стоимости продукции	Удельный вес ВВП региона, сформированный за счет логистики
Уровень качества логистической продукции: 1) срок выполнения заказа 2) сохранность 3) возможность доставки от «двери до двери» 4) информационное сопровождение	Транспорт и транспортная инфраструктура: 1) транспортные сети и коридоры; 2) структура грузоперевозок в разрезе всех видов транспорта; 3) количественная и качественная характеристика транспортных путей региона	Складская инфраструктура региона: 1) «запасоемкость» складских систем региона и их территориальное рассредоточение; 2) структура складских помещений региона по классам; 3) уровень востребованности складских помещений региона	Транзитный потенциал логистической системы: 1) время прохождения транзитных грузопотоков по территории региона; 2) средняя скорость прохождения грузов по территории региона (в днях); 3) средняя продолжительность простоев по причине обслуживания транзитных грузов (в днях); 4) объем транзитного грузооборота
Субъекты логистической системы: 1) количество транспортных компаний в регионе; 2) структура логистических операторов по выполняемым функциям; 3) количество транспортно-логистических центров в регионе и спектр оказываемых ими услуг; 4) количество освоенных смешанных маршрутов		Кадровый потенциал логистической системы: 1) состав и структура работников, занятых на логистических объектах региона; 2) динамика и структура численности выпускников вузов по сферам логистической деятельности	

Для оценки эффективности транспортно-технологической системы региона, в том числе международных перевозок в системе, важными являются подходы, основанные на теории качества продукции. Основным наиболее распространенным показателем конкурентоспособности продукции является интегральный показатель качества. Применение экспертно-интегрального подхода при оценке эффективности транспортно-технологической системы региона основывается на рассчитываемом в форме относительного коэффициента как соотношения интегральных результативных и затратных показателей, взвешенных по весу экономической и социальной компонент эффективности, по совокупности частных показателей, количественно измеренных экспертами (в баллах) [10–14].

Комплексный показатель оценки эффективности транспортно-технологической системы имеет иерархическую систему и включает два блока интегральных оценок, отражающих положительные и отрицательные эффекты (рис. 4).

Интегральные результативный и затратный показатели эффективности базируются на системе обобщающих и частных показателей экономической и социальной эффективности. При разработке комплексной системы интегрально-экспертной оценки эффективности важное значение имеет выбор ключевых частных показателей эффективности, с одной стороны, отражающих социально-экономическое значение, с другой стороны – степень охвата сфер экономической деятельности, социальных групп и транспортно-территориальных кластеров потребления.

Таким образом, качество логистического сервиса можно определить, как степень соответствия между ожиданиями потребителей логистических услуг и действительным уровнем предоставления этих услуг, которое выражается через восприятие набора критериев качества.



Рисунок 4 – Комплексный показатель оценки эффективности транспортно-технологической системы

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 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. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова [и др.] // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5 (51). – С. 165–171.
8. 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.
9. Оценка проектных решений на транспорте: учебное пособие / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
10. Сенин И.С., Изюмский А.А. Методы исследования транспортных и пешеходных потоков: учебное пособие. – Краснодар, 2017.

11. Изюмский А.А., Сенин И.С. Методы обеспечения экологичности схем организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
12. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Миронова М.П., Надирян С.Л. Анализ работы транспортных систем: учебное пособие. – Краснодар, 2019.
13. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Способы оценки эффективности организации дорожного движения: учебное пособие. – Краснодар, 2018.
14. 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.] // 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 school // 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. 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.
8. Features of marketing research in the passenger transportation market for orders in the region / T.V. Konovalova [et al.] // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2015. – № 4. – P. 89–93.
9. Evaluation of design solutions in transport. textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
10. Senin I.S., Izyumsky A.A. Methods of research of transport and pedestrian flows: textbook. – Krasnodar, 2017.
11. Izyumsky A.A., Senin I.S. Methods of ensuring environmental friendliness of traffic management schemes: textbook. – Krasnodar, 2018.
12. Analysis of the work of transport systems: textbook / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2019.
13. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Nadiryanyan S.L. Methods of assessing the effectiveness of traffic management: textbook. – Krasnodar, 2018.
14. 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 69.059

ПРИМЕНЕНИЕ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И ВИДЫ ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ



APPLICATION OF SUSPENDED VENTILATED FACADES TO THE CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND TYPES OF CLADDING MATERIALS

Куркаева Екатерина Владимировна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
katya.kurkaeva@mail.ru

Токарева Екатерина Александровна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
miss.bewz2017@gmail.com

Аннотация. В настоящее время большинству строений, возведенных в конце XX века, требуется реконструкция, ввиду необходимости усиления несущих конструкций, а иногда и из-за пристройки новых частей здания. В связи с этим, они могут быть пригодны для дальнейшей эксплуатации, но при этом не соответствовать действующим нормам тепловой защиты. Применение навесных вентилируемых фасадов является отличным решением в данном случае, так как не только позволяет аккумулировать тепло внутри зданий, но и имеет широкий выбор облицовочных материалов.

Ключевые слова: фасад, реконструкция, навесной вентилируемый фасад, энергоэффективность, облицовочные материалы, теплоизоляция.

Kurkaeva Ekaterina Vladimirovna

Student,
Kuban State Technological University
katya.kurkaeva@mail.ru

Tokareva Ekaterina Alexandrovna

Student,
Kuban State Technological University
miss.bewz2017@gmail.com

Annotation. Currently, most of the buildings built at the end of the XX century require reconstruction, due to the need to strengthen the load-bearing structures, and sometimes due to the addition of new parts of the building. In this regard, they may be suitable for further operation, but at the same time do not comply with the current thermal protection standards. The use of hinged ventilated facades is an excellent solution in this case, since it not only allows you to accumulate heat inside buildings, but also has a wide selection of facing materials

Keywords: facade, reconstruction, hinged ventilated facade, energy efficiency, facing materials, thermal insulation.

Несмотря на широкий выбор материалов для облицовки зданий и сооружений, все большее распространение получают системы навесных вентилируемых фасадов. В свою очередь они обладают двумя важными качествами. Во-первых, энергосберегающей функцией, что позволяет обеспечить уменьшение потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции и при этом снизить затраты на отопление практически до 50 %, что, в свою очередь, приводит к малому расходу топлива и экономии денежных средств потребителей. Во-вторых, эстетическими качествами, которые обеспечиваются за счет разнообразия видов облицовочного материала.

В настоящее время эксплуатация жилищного фонда нашей страны является неэффективной с позиции энергосбережения. Довольно-таки большой процент от всех построек составляют панельные дома, некогда возводимые повсеместно. Большинство из них существует не один десяток лет, а значит им требуются реконструкция и инновационные решения, способствующие повышению энергоэффективности ограждающих конструкций.

Навесной вентилируемый фасад – это конструктивная система, представленная материалами облицовки (плит или листовых материалов) и соединенная с наружной ограждающей конструкцией системой анкерочных элементов [1].

Система «фальшстены» является оптимальным вариантом для реконструкции зданий и представляет собой стену из панелей или плит, крепящуюся к основной ограждающей конструкции с зазором, который в свою очередь обеспечивает естественную вентиляцию и предотвращение скопления влаги в утеплителе. НВФ увеличивает срок эксплуатации здания, защищая его внешние элементы от климатических воздействий [2].

Рассмотрим следующие типы облицовочных материалов НВФ, применяемых при реконструкции зданий жилого фонда, общественного назначения.

1. Фасад с облицовкой керамогранитными плитами – экологично и безопасно. Это именно тот случай, когда сочетается отличное качество и внешний вид. Керамогранит, являющийся искусственным камнем, производится посредством технологии прессования специальных порошков под высоким давлением. В последующем готовые изделия подвергаются обжигу. Благодаря такой технологии изготовления материал приобретает повышенные защитные свойства от истирания. Существенным недостатком является завышенная стоимость, что препятствует возможности повсеместного использования.

2. Фасад с облицовкой алюминиевыми композитными панелями получил большее распространение ввиду своей низкой стоимости. Такие элементы состоят из двух листов алюминия, между которыми – полимерный композитный материал, содержащий трудногорючий наполнитель с антипиреном. Достаточно привлекательным является тот факт, что фасадными панелями данного типа можно покрывать рельеф овальной, цилиндрической формы.

3. Фасад из линейных панелей занимает особое место и значительно превосходит другие варианты облицовки. Производят панели из тонколистовой стали методом холодного профилирования и защищают полимерным покрытием. Превосходство заключается в том, что среди линейных панелей представлен широкий размерный ряд, до 6 м в длину, а также применение не только для фасада, но и в качестве элемента внутренней отделки. При всех плюсах имеются значительные недостатки - неустойчивость к ударным воздействиям и подверженность коррозии, что ухудшает внешний вид конструкции и снижает срок службы.

4. Антивандальные фасадные HPL-панели отличаются высокой сопротивляемостью ударным воздействиям, препятствуют проникновению влаги, обладают малым коэффициентом теплового расширения, являются тепло- и электроизолирующими материалами, не являются источником отраженного шума. Они легкие и упругие. Благодаря своей конструкции хорошо сопротивляются изгибу, просто и надежно монтируются на фасаде зданий и сооружений. Панели состоят из множества слоёв, пропитанных специальным составом, которые прессуют под высоким давлением.

5. Облицовка трехслойными сэндвич-панелями – современное высокотехнологичное решение, которое активно используются для строительства и реконструкции зданий различного назначения. Производится материал из оцинкованной холоднокатаной стали 0,5–0,7 мм с полимерным покрытием или без него. Конструкция трехслойной сэндвич-панели представляет собой два листа профилированной стали, между которыми находится сердечник из базальтового волокна или пенополистирола, которые соединяются между собой полиуретановым клеем. Поступают с производства в полной готовности к монтажу.

Выбор того или иного типа фасада зависит прежде всего от финансовых возможностей заказчика, а также от времени года, поскольку не все системы возможно монтировать круглогодично.

Достоинством навесных вентилируемых фасадов является возможность их использования в регионах с большими суточными и годовыми перепадами температур, в регионах с высокой влажностью, в условиях, где традиционные фасадные материалы обладают коротким сроком эксплуатации. Также навесные вентилируемые фасады увеличивают звукоизоляцию наружных стен в 1,5–2 раза, что важно для крупных городов с интенсивным транспортным движением. Вентилируемая воздушная прослойка позволяет снизить влажность утеплителя и реконструируемой стены, что благоприятно сказывается на температурно-влажностном режиме помещения, увеличивает общее термическое сопротивление стены и улучшает воздухообмен через наружные стены [3; 4].

Данные системы дополнительного утепления стен позволяют эффективно решать задачи энергосбережения, но каждая имеет свои достоинства и недостатки, поэтому выбор в различных ситуациях будет не очевиден.

Литература

1. Навесные вентилируемые фасады и мокрые / Н.Б. Васильев [и др.] // СтройМного. – 2017. – № 4 (9). – URL : <http://stroymnogo.com/science/economy/navesnye-ventiliruemye-fasady-i-mok/>
2. 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.
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. 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.

References

1. Hinged ventilated facades and wet / N.B. Vasiliev [et al.] // StroyMnogo. – 2017. – № 4 (9). – URL : <http://stroymnogo.com/science/economy/navesnye-ventiliruemye-fasady-i-mok/>
2. 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.
3. Kalkan S.N., Leonova A.N. Features of modern approaches to the reconstruction of the facades of residential buildings // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 1. – P. 314–316.
4. 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.

УДК 69.059

**ПОНЯТИЕ «РЕКОНСТРУКЦИЯ» И ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ,
ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**



**THE CONCEPT OF «RECONSTRUCTION» AND THE MAIN PROBLEMS ARISING
DURING THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES**

Леонова Анна Николаевна

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

Ястремский Андрей Владимирович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
andrey.yastremskiy@gmail.com

Коробов Вадим Сергеевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
vadik-bat@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с реконструкцией зданий и сооружений. Описаны основные задачи и цели реконструкции, а также методы реконструкции в зависимости от поставленных задач.

Ключевые слова: реконструкция, проблемы реконструкции зданий и способы их решения, жилищный фонд, восстановление зданий.

Leonova Anna Nikolaevna

Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State University of Technology
lan.75@mail.ru

Yastremskiy Andrey Vladimirovich

Student,
Kuban State University of Technology
andrey.yastremskiy@gmail.com

Korobov Vadim Sergeevich

Student,
Kuban State University of Technology
vadik-bat@mail.ru

Annotation. The article deals with issues related to the reconstruction of buildings and structures. The main tasks and goals of reconstruction are described, as well as reconstruction methods depending on the tasks set.

Keywords: reconstruction, problems of reconstruction of buildings and ways to solve them, housing stock, restoration of buildings.

Реконструкция-это комплекс строительных работ и геологических мероприятий, которые нацелены на улучшение технико-экономических показателей, повышения эксплуатационной и экологической безопасности существующих зданий и сооружений.

Можно выделить основные цели реконструкции:

- экономические – уменьшение расходов на эксплуатацию и обслуживание жилищного фонда;
- экологические – сохранение здоровья населения путем внедрения экологически чистых материалов;
- социальные – улучшение уровня жизни населения в разных городских районах;
- градостроительные – обновление застройки и планировочной структуры жилых и общественных зданий и сооружений, повышение архитектурной выразительности застройки;

Реконструкция, по сравнению с новым строительством имеет ряд существенных отличий, а также повышенный уровень сложности.

Существуют следующие этапы жизненного цикла реконструкции зданий и сооружений:

- предпроектный, включающий в себя анализ состояния объекта;
- проведение геологических изысканий, которые заключаются в исследовании рельефа местности и особенностей грунтов.
- разработка проекта, заключающаяся в разработке проектно-сметной документации;
- согласование проекта в существующих инстанциях;
- реализация объекта– выполнение СМР;
- проведение пуско-наладочных работ, заключающийся в проверке работы оборудования и систем;
- сдача объекта в эксплуатацию.

Методы реконструкции зданий и сооружений в зависимости от поставленных задач:

Если стоит задача изменения объемно-планировочных решений, то метод реконструкции будет состоять в следующем – осуществление надстройки, пристройки, встройки, а также устройство лоджий взамен балконов, эркеров.

Такая задача, как улучшение технико-эксплуатационных параметров решается путем замены кровли, устройства дополнительной теплозащиты, замены систем коммуникаций, установки приборов учета и регулирования расхода ресурсов [2].

Повышение уровня комфортности и благоустроенности решается устройством подземных гаражей, благоустройством территорий;

Восстановление и усиление зданий, поврежденных в результате катастроф, стихийных бедствий – изменение конструктивной схемы здания, схемы нагрузок на конструкции; усиление путем возведения дополнительных конструкций, изменение функционального назначения зданий [2].

Реконструкция любого объекта кардинально отличается от капитального ремонта или нового строительства. Очень часто она оказывается сложной и трудоемкой из-за следующих проблем:

– стесненные условия для строительства (работы по реконструкции проводятся в зоне с высокой плотностью застройки; наличие большого количества коммуникаций на территории, на которой расположено здание).

– адаптация здания под новые требования, не изменяя при этом некоторые элементы. Зачастую здания реконструируют, изменяя их назначение. Адаптировать существующее сооружение под новые требования нужно рационально: так, чтобы объем изменений был минимальным. Для этого при проектировании моделируют использование объекта после реконструкции, выстраивают основные процессы, изменяют только те параметры объекта, которые им не соответствуют.

– специфика работ, отсутствующих при стандартном строительстве. На производственном этапе выполняется реставрация, усиление, восстановление отдельных конструкций, их разборка или замена, другие специальные работы. Для их проведения важно привлекать персонал с достаточной квалификацией. Если не делать этого и применять только стандартные технологии строительства и ремонта, результат будет неудовлетворительным.

– высокая трудоемкость. Считается, что в среднем при реконструкции трудоемкость возрастает на 25–30 % по сравнению с новым строительством. Это связано с необходимостью выполнять демонтаж для одних и восстановление для других конструкций, с ограничениями в выборе технологий, материалов (особенно если реконструируют здание, имеющее историческую или архитектурную ценность), с проведением работ в стесненных условиях. Высокую трудоемкость учитывают при планировании, выполняют корректировки при нормировании труда. Это позволяет правильно рассчитывать сроки реконструкции, исключать задержки при ее выполнении.

Реконструкция с экономической, экологической, социальной и градостроительной точки зрения должна в целом обеспечить рациональность (рис. 1.1) и комфортность (рис. 1.2) среды проживания.



Рисунок 1.1 – Схема рациональности среды проживания человека после реконструкции зданий и сооружений [1]

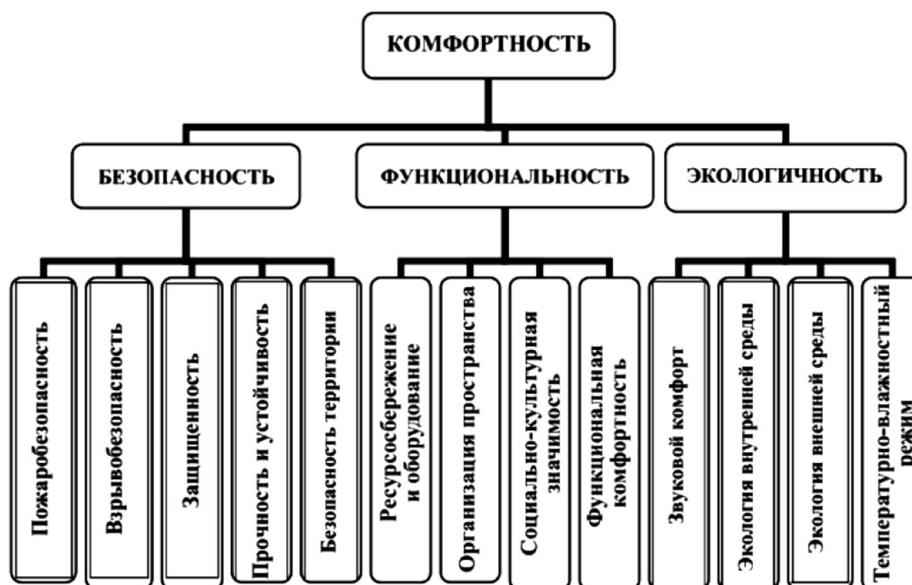


Рисунок 1.2 – Схема комфортности среды проживания человека после реконструкции зданий и сооружений [1]

Капитальный ремонт зданий и сооружений существенно отличается от реконструкции по целям, технологическим особенностям производства работ, а также сущности организационно-планового механизма выполнения работ.

Литература

1. Аброян С., Бурлаченко О. Современные технологии реконструкции и капитального ремонта зданий и сооружений / Изд-во ЛитРес, 2021. – 190 с.
2. Бадьин Г.М., Сычёв С.А., Макаридзе Г.Д. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. – СПб. : БХВ-Петербург, 2017. – 464с.
3. Федоров В.В. Реконструкция и реставрация зданий: учебник. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 208 с.
4. Федоров В.В., Федорова Н.Н., Сухарев Ю.В. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 224 с.
5. Мосаков Б.С., Курбатов В.Л. К вопросу реконструкции зданий и сооружений // Университетская наука. – 2017. – № 1 (3). – С. 59–64.

References

1. Abrahamyan S., Burlachenko O. Modern technologies of reconstruction and overhaul of buildings and structures / Publishing house LitErs, 2021. – 190 p.
2. Badin G.M., Sychev S.A., Makaridze G.D. Technologies of construction and reconstruction of energy-efficient buildings. – SPb. : BHV-Petersburg, 2017. – 464 p.
3. Fedorov V.V. Reconstruction and restoration of buildings: textbook. – M. : INFRA-M, 2021. – 208 p.
4. Fedorov V.V., Fedorova N.N., Sukharev Yu.V. Reconstruction of buildings, structures and urban development : textbook. – M. : INFRA-M, 2019. – 224 p.
5. Mosakov B.S., Kurbatov V.L. On the issue of reconstruction of buildings and structures // University science. – 2017. – № 1 (3). – P. 59–64.

УДК 624.07

**ПОВЕДЕНИЕ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**



**BEHAVIOR OF LIGHT STEEL THIN WALLED STRUCTURES AT
IN CREASED TEMPERATURES**

Леонова Анна Николаевна

доцент кафедры строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
lan.75@mail.ru

Федоров Артем Александрович

бакалавр
Кубанский государственный технологический университет
faa1410@rambler.ru

Миронова Ирина Анатольевна

бакалавр
Кубанский государственный технологический университет
mircha1903177@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается поведение легких стальных тонкостенных конструкций в условиях повышенных температур и воздействия прямого огня на изделие. Анализируются современные методы защиты ЛСТК при воздействии повышенных температур. Приводятся результаты испытаний на огнестойкость элементов ЛСТК. Рассматриваются решения по огнезащите элементов стены и их систем креплений.

Ключевые слова: легкие стальные тонкостенные конструкции, строительство, огнестойкость.

Leonova Anna Nikolaevna

Associate Professor of the Department of
Building Structures,
Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Fedorov Artem Aleksandrovich

Bachelor,
Kuban State Technological University
faa1410@rambler.ru

Mironova Irina Anatolevna

Bachelor,
Kuban State Technological University
mircha1903177@mail.ru

Annotation. The article examines the behavior of light steel thin-walled structures under conditions of elevated temperatures and exposure to direct fire on the product. Analyzed are modern methods of protection of light steel structures when exposed to elevated temperatures. The results of tests for fire resistance of LSTK elements are presented. Solutions for fire protection of wall elements and their fastening systems are considered.

Keywords: light steel thin-walled structures, construction, fire resistance.

В связи с сильным увеличением спроса на гражданское малоэтажное строительство в некоторых регионах страны в последнее время, многие стараются найти идеальное решение для возведения частных домов по параметрам цена/качество. Таким решением стало использование легких стальных тонкостенных конструкций. К сожалению, многие не доверяют этой технологии, считая её не практичной и не безопасной. Одним из важнейших показателей безопасности конструкции является её огнестойкость – это способность конструкции сдерживать огонь, не давая ему распространяться и ухудшать эксплуатационные качества под действием высоких температур. Изучение вопроса о безопасности технологии ЛСТК является очень актуальным в наше время.

Легкие стальные тонкостенные конструкции состоят из стальных оцинкованных холодногнутых профилей, толщина которых обычно составляет от 0,6 до 4,0 мм. Они выполняют роль несущих и ограждающих элементов сооружения. Благодаря таким преимуществам ЛСТК как: высокая скорость строительства, экономичность и прочность, технология получила широкое применение в современном строительстве. К сожалению, одной из важных проблем при проектировании зданий и сооружений из ЛСТК является обеспечение нормативной огнестойкости конструкций с относительно высокими пределами огнестойкости. Рассмотрение результатов опытов даёт потребителю более широкое представление о возможностях ЛСТК сопротивляться воздействиям температур.

Линии изгиба – направления деформации являющиеся результатами изготовления конструкций ЛСТК методом холодногнутого профилирования. Линии изгиба являются той критической точкой, прогрев которой влияет на устойчивость конструкции. Прогрев стенок и полок конструкции ЛСТК может быть более 500 градусов, и конструкция всё ещё сохраняет свою несущую способность, пока не прогреются линии изгиба.

«Классические» способы огнезащиты не подходят в большинстве случаев к конструкциям ЛСТК, в виду того, что при эксплуатации металл ЛСТК подвижен и постоянно испытывает упругие деформации. А также отсутствие качественной адгезии к оцинкованным покрытиям у большинства огнезащитных составов. Решения по огнезащите должны базироваться на принципах экранирования защищаемых конструкций – не допускать прямого воздействия тепла пожара за счёт отражения и поглощения теплового воздействия наружным слоем негорючего материала, который не разрушается в результате воздействия огня. Наиболее рабочими выглядят системы в составе Каркасно-Обшивных Стен (КОС), если строго выполнять требования технологии монтажа и использовать качественные компоненты.

Конструкции ЛСТК в редких случаях используются как отдельно стоящие конструкции. Для отдельно стоящих конструкций возможен расчёт на огнестойкость для каждого элемента по отдельности и применение конструктивной изоляции для таких элементов.

Для наиболее часто применяемых систем при проектировании зданий огнестойкость достигается за счёт нескольких слоёв строительных отделочных элементов в КОС со стороны вероятного пожара. Каждый слой имеет собственный предел огнестойкости, он выполняет роль теплового экрана. Однако очень сильно влияет на огнестойкость качество строительных компонентов, соблюдение технологий и способ монтажа всех компонентов.

Разрушение облицовочных материалов происходит по точкам крепления на стыках листовых материалов. При применении крепёжных элементов вокруг отверстия появляются точки напряжения, вокруг которых появляются микротрещины. При монтаже облицовочных материалов необходимо точно соблюдать шаг между креплениями. При использовании плоских шайб точечные напряжения в местах крепления на облицовочных элементах более распределённые и это даёт дополнительное время, в течение которого слои облицовки удерживаются, защищая последующие слои от прямого воздействия огня.

Применение минеральной ваты, используемой в фасадных или звукоизолирующих системах, в качестве наполнителя КОС влияет на устойчивость конструкций при пожаре. Используемая стекловата и связующие при выгорании изменяют объём наполнителя обнажая конструкции ЛСТК перед огнём. В составных конструкциях минеральная вата после разрушения облицовочного материала стремится выпасть из образовавшихся отверстий. Если разработать удерживающие её элементы, крепящиеся к основным элементам каркаса из ЛСТК, это также даст дополнительные минуты к общей устойчивости конструкции.

Конструкции ЛСТК начинают скручиваться из-за внутренних напряжений на линиях изгиба уже при 350 градусах. Если отсутствуют какие-либо вставки, сдерживающие кручение конструкции, то конструкция может обрушиться при достижении этих температур.

По результатам испытаний [2] балка двутаврового сечения, полученная из двух соединённых между собой швеллерообразных профилей даже при наличии огнезащитного слоя при прогреве, скрутилась на восьмой минуте испытаний и та часть, что была как центральная стойка «легла на бок», после чего конструкция резко потеряла несущую способность и сложилась. Конструкция, имеющая усиления в виде «обоймы» с определённым шагом и со вставками из пластин между двух таких же швеллерообразных профилей, продержалась дольше.

Для того, чтобы увеличить огнестойкость сооружений из ЛСТК необходимо принять во внимание то, что для центрально и внецентренно сжатых элементов стальных конструкций наиболее критичным вариантом отказа является потеря общей устойчивости, в том числе при пожаре, на огнестойкость данных элементов напрямую оказывает влияние количество раскреплений из плоскости вертикальных элементов. Как следствие, необходимо четкое соблюдение технологии монтажа на всех этапах. При этом недопустимы замены метизов (саморезов, болтов, шайб) при сборке конструкций. Каждое крепление должно применяться там, где оно заложено проектом в том количестве и с тем шагом, которое указано в проекте на конструкцию. Ошибки в монтаже приведут к снижению предела огнестойкости.

Для получения больших пределов огнестойкости важны все конструктивные компоненты и их качество. Необходимо использовать изоляционные материалы, используемые в огнезащитных системах, которые не изменяют своего объёма при воздействии огня.

Особенность применения конструкций из ЛСТК в том, что защищать каждый элемент в отдельности практически невозможно ввиду близкого нахождения смежных конструкций. Таким образом самыми распространёнными защитными элементами являются навесные экранирующие элементы самой стены и их система креплений обеспечивающая их неразрушаемость под воздействием огня и расчётной нагрузки.

Изучение вопроса огнестойкости и, соответственно, безопасности использования легких стальных тонкостенных конструкции позволяет сделать вывод, что данная технология может быть альтернативой типичным решениям.

Литература

1. Тарасов В.Ю. Огнестойкость зданий из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) StudArctic Forum. – 2017. – Т. 1. – № 5 (5). – С. 88–92.
2. Исследования огнестойкости перекрытия на основе легких стальных тонкостенных конструкций / А.В. Булгаков [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы пожарной безопасности. Материалы XXXIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году науки и технологий. – М., 2021. – С. 576–581.
3. 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.
4. Огнестойкость сборных стальных конструкций, изготовленных по технологии ЛСТК / В.И. Голованов [и др.] // В книге: Актуальные проблемы пожарной безопасности. тезисы докладов XXX Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 387–389.
5. Ищук Ю.П., Погодина П.В., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки строительных конструкций из алюминиевых сплавов // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 237–244.
6. Проблема определения зависимости графика нагрева при толщинах металлического профиля менее 3 мм / В.Э.Горлов [и др.] // В сборнике: Неделя науки СПбПУ. материалы научной конференции с международным участием, Инженерно-строительный институт. – С.102–105.

References

1. Tarasov V.Yu. Fire resistance of light steel thin-walled buildings (LSTK) StudArctic Forum. – 2017. – Т. 1. – № 5 (5). – P. 88–92.
2. Research of fire resistance of floors based on light steel thin-walled structures / A.V. Bulgakov [et al.] // In the collection: Actual problems of fire safety. Materials of the XXXIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science and Technology. – M., 2021. – P. 576–581.
3. Leonova A.N., Akopyan K.A., Fedotova E.A. Features of the design of structures using light steel thin-walled structures based on the Eurocode EN 1993-1-3 and EN 1993-1-5 // Engineering Bulletin of Don. – 2019. – № 8 (59). – P. 43.
4. Fire resistance of prefabricated steel structures manufactured using the LSTK technology / V.I.Golovanov [et al.] // In the book: Actual problems of fire safety. Abstracts of the XXX International Scientific and Practical Conference. – 2018. – P. 387–389.
5. Ischuk Yu.P., Pogodina P.V., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of building structures made of aluminum alloys // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 237–244.
6. The problem of determining the dependence of the heating schedule for metal profile thicknesses less than 3 mm / V.E. Gorlov [et al.] // In the collection: SPbPU Science Week. materials of a scientific conference with international participation, Civil Engineering Institute. – P. 102–105.

УДК 620.193.7

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ



ELECTROCHEMICAL CORROSION OF METALS

Леонова Анна Николаевна

доцент кафедры строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
lan.75@mail.ru

Мягкова Екатерина Сергеевна

студент.
Кубанский государственный технологический университет
kate201325@bk.ru

Аннотация. В ходе исследования рассмотрены основные механизмы протекания процесса коррозионного повреждения металла. Перечислены и описаны основные виды электрохимической коррозии и коррозионных разрушений. Также уделено внимание различным способам для защиты материалов и изделий от электрохимической коррозии.

Ключевые слова: электрохимическая коррозия, коррозия, агрессивная среда, катодный и анодный процесс, коррозионное повреждение металла, способ защиты.

Leonova Anna Nikolaevna

Associate Professor of the Department of
Building Structures,
Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Myagkova Ekaterina Sergeevna

Student,
Kuban State Technological University
kate201325@bk.ru

Annotation. In the course of the study, the main mechanisms of the process of corrosion damage to metal are considered. The main types of electrochemical corrosion and corrosive destruction are listed and described. Attention is also paid to various methods for protecting materials and products from electrochemical corrosion.

Keywords: electrochemical corrosion, corrosion, aggressive environment, cathodic and anodic process, corrosion damage to metal, protection method.

Э лектрохимическая коррозия является распространенным явлением в процессе постепенного разрушения металла. Показатели проводимости материалов меняются от окружающей среды, при контакте с которой сталь начинает постепенно портиться. Главным отличием электрохимической коррозии является неодновременное протекание восстановления окислительного процесса и ионизации атомов металла. К причине возникновения данной коррозии относят термодинамическую неустойчивость большинства металлов. Электрохимическая коррозия может распространяться в почве, воде, открытом воздухе. Примерами такой коррозии являются: ржавление обивок днища морских судов, трубопровода, различных металлоконструкций в атмосфере и многое другое [1].

Выделяют три типа электрохимической коррозии: щелевые поражения, питтинги, межкристаллические повреждения. Повреждению подвержены разные материалы в зависимости от их расположения. При контакте с текущей и стоячей водой, в местах соединения металлов, сварных швах наблюдается появление ржавчины.

Рассмотрим механизмы, которые отвечают за процесс протекания электрохимической коррозии. При гомогенном механизме повреждается поверхностный слой, который постепенно растворяется под действием актов – анодного и катодного. В течение некоторого времени происходит перемещение анода и катода, что постепенно ускоряется. Данный механизм может протекать в твердых и жидких металлах. При гетерогенном процессе нет гомогенной поверхности, формируются катодный и анодный процессы, которые четко разделены, возможность локализованной коррозии, происходит растворение поверхностного слоя на анодах.

Причинами распространения коррозии являются неоднородная структура сплава, неоднородная среда, в которой находится металл, отличие физических условий. Внешние и внутренние факторы также влияют на распространение поражения коррозией. При неровной поверхности металла, в выступах которой скапливается вода, процесс коррозии протекает быстрее. Чтобы избежать данного фактора, используется отполированный или отшлифованный металл, по поверхности которого формируется равномерная пленка, и применение пассивирования.

Поверхность металла состоит из большого количества короткозамкнутых через металл микроэлектродов, при контакте которых с коррозионной средой образуются гальванические элементы, вызывающие его электрохимическое разрушение. При неоднородности сплава причинами образования местных гальванических элементов являются: наличие в сплаве микровключений и макровключений, зерен кристаллов на поверхности границ, анизотропность данных кристаллов, неравномерные окисные пленки на поверхности металла, образующиеся из-за макропор и микропор и неравномерного распространения вторичных продуктов коррозии. Причиной создания местных гальванических элементов в неоднородной среде является наличие ограниченной области анода без доступа окислителя в сравнение к области со свободным доступом, что способствует ускорению электрохимической коррозии. При неоднородности физических условий к причинам относят: воздействие внешних токов, облучение, температура поверхности [2].

В процессе работы гальванического элемента одновременно протекают анодный и катодный процессы. При анодном наблюдается переход ионов металла в раствор, а при катодном – свободные электроны ассимилируются атомами и молекулами электролита и восстанавливаются. Процесс коррозии происходит только на аноде.

Показатели термодинамической устойчивости зависят от вида материалов. Наиболее стойкие материала не разрушаются при помещении их в агрессивную среду, их измеряют по показателям потенциалов анодного и катодного процессов, изобарно-изотермического процесса. Этот фактор оказывает влияние воздействия окружающей среды на развитие электрохимической коррозии.

Кристаллографическая структура оказывает прямое воздействие на металл. Строение решетки учитывают при защите материала способом создания специальных пленок. Пленка и металл должны соответствовать по составу друг другу, что исключает появления напряжений. Анодные включения, которые находятся в составе сплава, влияют на ускорение протекания коррозии. Катодные включения не опасны, потому что на интенсивности процесса не отражаются.

Рекомендуют не использовать металлоконструкции под пиковыми сильными нагрузками, не допускать возникновения трения и соприкосновения между собой стальных деталей.

Рассмотрим внешние факторы, которые могут ускорять и замедлять процесс коррозии. Температура влияет на то, как ведет металл в разных условиях, а также от нее зависит скорость растворения вторичных продуктов коррозии. Изменения температуры могут отразиться на состоянии катодов и анодов через их внутренние процессы. Уровень кислотности раствора показывает активность ионов водорода и скорость распространения коррозии по материалу. Рекомендуется не допускать контакта металла со средами, у которых высокий показатель pH кислотности [3].

При касании двух противоположно заряженных электропроводящих фаз, возникает разность потенциала, которая связана с возникновением двойного электрического слоя (ДЭС). Также возможно явление потенциала нулевого заряда, при котором поверхность не заряжена и отсутствует ДЭС. Электродный потенциал – потенциал, в котором металл находится в равновесии со своими ионами, и зависит от природы растворителя, металлической фазы, температуры элементов, активности ионов. При прохождении электрического тока наблюдается нарушение состояния равновесия системы.

Причинами скачка потенциалов может быть большая накопленная энергия гидратации, при которой происходит отсоединение ионов металлов и их перемещение в раствор, что приводит к перетеканию катионов из растворов и образованию ДЭС на границе, и разряжение катионов электролита, при котором металл получает положительный заряд, и ДЭС образуется при контакте активных анионов раствора с катионами электролита. Описанные процессы указывают на протекание коррозии и ее скорость распространения по материалу.

Поляризация характеризует степень перенапряжения на определенном участке и влияет на интенсивность распространения электрохимической коррозии. Электрохимическая поляризация наблюдается в замедлении катодного и анодного процесса. Фа-

зоявая возникает на поверхности материала, при формировании новой фазы. Концентрационная образуется, если показатели скорости отвода продуктов коррозии и деполаризатора имеют очень малые значения.

Электрохимическая коррозия возможна и при контакте двух разных металлов. Более электроотрицательный из них будет анодом, который в процессе будет растворяться. На катоде происходит замедление или прекращение электрохимической коррозии.

К методам защиты от электрохимической коррозии металлов относят: производство антикоррозионных сплавов, повышение чистоты металла, нанесение защитных покрытий. Сплавы можно покрывать красками, эмалями, лаками, смазочными материалами, катодными и анодными покрытиями, образование оксидных пленок. Электрохимическая защита от коррозии подразделяется на протекторную и катодную. Протекторная аналогична анодному покрытию, при котором к металлу присоединяют большую пластину более активного сплава. Метод обработки агрессивной среды используется в токопроводящей жидкости, путем удаления из жидкости кислорода продувкой инертным газом или введением в среду ингибиторов, которые замедляют коррозию [4].

В борьбе с коррозией наиболее распространенным способом является нанесение защитных покрытий. Его популярность зависит от выбора материала покрытия и от обработки поверхности изделия, которая должна быть очищена от загрязнений органики: масла, смазки, также ржавчины, окалины. Подготовка поверхности включает в себя мытье, обезжиривание, шлифование и полирование, дополнительной обработке. Чистую поверхность металла можно получать химическим или электролитическим травлением в растворах кислот.

Существует большой выбор способов защиты от электрохимической коррозии, которая проявляется в множестве и разнообразии видов, условий ее проявлений. Большое значение при выборе защиты от коррозии является конструкция изделия. Поэтому конструктор-проектировщик предусматривает защиту от коррозии, рационально подбирает виды используемых материалов и проектирует конструкцию, которая максимально снижает влияние неизбежных анодных областей и их появление в ходе эксплуатации.

Литература

1. Гарифуллин Ф., Фетисов Г. Материаловедение и технология металлов. – Издательство: Оникс, 2009. – 624 с.
2. Коррозия металлов / О.А. Чепкасова [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 23 (103). – С. 260–261. – URL : <https://moluch.ru/archive/103/23845/> (дата обращения: 20.12.2021).
3. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструктивные сплавы. – М. : Металлургия, 1986.
4. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М. : Издательство Физматлит, 2002. – 335 с.

References

1. Garifullin F., Fetisov G. Materials science and technology of metals. – Publisher: Onyx, 2009. – 624 p.
2. Corrosion of metals / O.A. Chepkasova [et al.] // Young scientist. – 2015. – № 23 (103). – P. 260–261. – URL : <https://moluch.ru/archive/103/23845/> (date accessed: 20.12.2021).
3. Tomashov N.D. Chernova G.P. Corrosion theory and corrosion-resistant structural alloys. – M. : Metallurgy, 1986.
4. Semenova I.V., Florianovich G.M., Khoroshilov A.V. Corrosion and protection against corrosion. – M. : Publisher Fizmatlit, 2002. – 335 p.

УДК 69.059.2

ПЕРЕДВИЖКА ЗДАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ
◆◆◆◆
MOVING BUILDINGS DURING RECONSTRUCTION

Леонова Анна Николаевна

доцент кафедры строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
lan.75@mail.ru

Полещук Ольга Васильевна

студент.
Кубанский государственный технологический университет
olga.polishchuk.1998@mail.ru

Аннотация. В статье описывается технология метода передвижки зданий, который используется при реконструкции. Рассмотрены два способа передвижки и отмечены основные особенности процесса.

Ключевые слова: передвижка зданий, домкраты, полиспасты, фундаменты.

Leonova Anna Nikolaevna

Associate Professor of the Department of
Building Structures,
Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Poleshchuk Olga Vasilevna

Student,
Kuban State Technological University
olga.polishchuk.1998@mail.ru

Annotation. The article describes the technology of the method of moving buildings, which is used during reconstruction. Two ways of moving are considered and the main features of the process are noted.

Keywords: moving buildings, jacks, polispast, foundations.

Передвижка зданий применяется в случаях, когда, в связи с расширением улиц или по другим градостроительным причинам, необходимо освободить пространство, но в то же время сохранить здание, так как оно представляет архитектурную или историческую ценность.

Стоит заметить, что передвижка зданий – это сложнейшая инженерная задача, а решать ее начали еще с древних времен.

В истории немало примеров передвижки массивных сооружений. Один из них – это строительство пирамид в Древнем Египте, где необходимо было перемещать огромные блоки на большие расстояния. Впервые передвижка зданий произошла в 1455 году в Италии. Была передвинута на 105 м колокольня церкви Святого Марка в г. Болонья.

В 1876 году в г. Чикаго (США) было передвинуто 6-этажное каменное здание. А в г. Москве в 1897 году по проекту инженера Федоровича из-за расширения железных дорог был передвинут на 100 м двухэтажный каменный дом. Массовый характер передвижки зданий был замечен после Первой Мировой войны в США. В нашей стране практика передвижки начала широко применяться в 30-е годы. В связи с реконструкцией города, а именно с расширением главной улицы в г. Макеевке в 1934 году было передвинуто здание почты, массой 1300 т. Для эксперимента перед этим проектом, инженер Кирлан, руководивший передвижкой здания почты, передвинул жилой одноэтажный дом весом 70 тонн. Также в г. Москве при реконструкции ул. Горького (ныне ул. Тверская) передвинули 9 домов массой до 25 тыс. тонн. Одно здание (дом № 6) было передвинуто на 49,8 м без выселения жильцов. Помимо этого передвинуто здание Моссовета и несколько других зданий.

Важным фактором является экономичность передвижки зданий, которая зависит от технического состояния конструктивных элементов здания, конфигурации и количества этажей, геологических условий, длины пути и характера движения. Передвижка здания со сложной конфигурацией дорожке, потому что существенно усложняется производство работ. Также чем длиннее путь передвижения здания, тем больше расходов необходимо потратить на этот процесс. С возрастанием этажности передвижка, наоборот, дешевле.

Характер движения здания также влияет на затраты по передвижке. Пути перемещения делятся на 4 основных вида: прямолинейное – вдоль длинной оси и вдоль короткой оси здания; косое – под некоторым углом к капитальным стенам; криволиней-

ное – с поворотом. Самыми трудоемкими считаются работы по передвижке здания с поворотом, так как в данном случае требуется устройство сложных криволинейных путей.

До начала передвижки зданий обязательно производится контроль технического состояния конструкций, таких как внутренние и наружные стены, лифтовые шахты и т.п. Если в ходе обследований выявлены недопустимые нарушения состояния конструкций, то осуществляется их восстановление известными методами и технологиями.

Проектирование передвижки заключается в разработке конструкций новых фундаментов, проектирование элементов пути с механизмами для передвижения, а также устройств, которые заменят фундамент и будут воспринимать нагрузки от стен в процессе передвижки. Все данные отражаются в проектах производства работ и технологических картах.

При этом здание окапывается траншеей, чтобы получить доступ к фундаменту. Учитывая конструктивные особенности, здание отделяют от фундамента по линии среза. Чаще всего, линия раздела располагается в зоне между перекрытием подвальной части и основанием фундамента таким образом, чтобы не было препятствий для устройства обвязочного пояса, установки опорных балок и путей для передвижения.

Перед разделением здания от фундамента перерезаются и заглушаются трубы водопровода, канализации и центрального отопления, другие инженерные устройства. Чтобы создать раму для восприятия нагрузок, необходимо завести в здание достаточно массивные балки двутаврового сечения. После этого переходят к самой ответственной части процесса – чтобы передвинуть здание, его приподнимают и подводят под него колёсные тележки. Для этого используют гидравлические домкраты, расставляемые на подставках из деревянных брусков. При подъеме требуется высокая точность. Масса здания должна распределяться равномерно, а положение здания должно быть вертикальным. В ходе работы домкратов, под те, которые в данный момент не включены в работу, подкладывают дополнительные бруски. В настоящее время подъемное оборудование настроено так, что позволяет управлять всеми работающими домкратами одновременно, поднимая здание так, что его положение горизонтально к уровню земли. Когда достигается необходимая высота, под металлические балки рамы подводятся колёсные тележки. При помощи стойки-домкрата происходит перенос веса здания через балки на тележки, после чего начинается транспортировка с помощью буксира.

Существует два метода переноса здания, в зависимости от используемого оборудования: подтягиванием и с помощью системы гидравлических домкратов.

При методе подтягивания используется система из полиспадов и электролебёдок. В соответствии с траекторией движения используются одно, два или несколько положений электролебедок. Чтобы подъемная система заняла устойчивое положение, лебедки и полиспады крепят к якорям. Необходимо рассчитать каждый из якорей на максимальную нагрузку, которая возникает в первоначальный момент сдвига здания, а также некоторый запас, составляющий не менее двукратной величины максимальной нагрузки. В данном методе очень важно обеспечить синхронную работу лебедок, чтобы контролировать параметры натяжения канатов. В процессе подтягивания возникают силы инерции, для гашения этих сил используют тормозные лебёдки, располагаемые с противоположной стороны.

При втором методе переноса объектов, который осуществляется с помощью системы гидравлических домкратов, применяются те же конструкции устройства обвязочного пояса, ходовых балок и путей, как и при методе подтягивания. В то же время система из домкратов обеспечивает создание достаточно мощного передвигаемого усилия. А из-за незначительного хода домкратных штоков требуется более частая перестановка упоров. Процесс перемещения имеет циклический характер.

В процессе перемещения здания большое значение придается контролю за нужным направлением и положением передвигаемого здания.

Во время подготовки к передвижке производят устройство новых фундаментов под здание. Для проектирования этих фундаментов используют обмерные чертежи здания в плоскости среза. Толщину стен назначают с запасом – на 0,1–0,15 м толще стен цокольной части. После завершения процедуры установки здания на новый фундамент выполняются дальнейшие необходимые работы по обратной засыпке и отделке.

По мере развития технологий появляются новые материалы и техника. Это влияет на процессы строительства и реконструкции, в частности. Например, применяются новые материалы для направляющих – тефлоновое покрытие. Это заменяет использование катучих опор.

Помимо этого, при передвижке зданий нашли применение пневмоколесные платформы с индивидуальным механическим приводом и управляемой системой поворота. Особенность данных механизмов заключается в том, что из-за возможности регулирования давлением в шинах, осуществляется подъем и опускание здания. Использование таких систем освобождает от трудоёмких и металлоёмких процессов установки накатных путей и ходовых балок. При такой системе передвижение объектов выполняется по трассе, представляющей собой железобетонное основание.

В заключении следует отметить, что такие приемы градостроительства, как передвижка очень актуальны на сегодняшний день. Поэтому перед современными инженерами стоит важная задача поиска новейших технологий демонтажа и перемещения зданий, которые будут более экономичными, быстрыми, наносить минимальный ущерб окружающей среде и людям [2].

Таким образом, передвижка зданий – трудоемкий процесс, но являющийся единственным решением проблемы при реконструкции и перепланировке городской застройки. Опыт показывает, что метод имеет успешное применение и помогает сохранить здания, представляющие собой историческую ценность.

Литература

1. Девятаева Г.В. Технология реконструкции и модернизации зданий. – М. : Инфра-М, 2003. – 250 с.
2. Гончарова Т.К., Билушова Т.П. Современные методы передвижки, демонтажа зданий и сооружений // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. – 2017. – № 2. – С. 194–198.

References

1. Devyataeva G.V. Technology of reconstruction and modernization of buildings. – M. : Infra-M, 2003. – 250 p.
2. Goncharova T.K., Bilyushova T.P. Modern methods of moving, dismantling buildings and structures // Architecture and design: history, theory, innovation. – 2017. – № 2. – P. 194–198.

УДК 69.059

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ



ENERGY EFFICIENT FACADE SYSTEMS

Леонова Анна Николаевна

доцент кафедры строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
lan.75@mail.ru

Самаркина Елена Алексеевна

студент.
Кубанский государственный технологический университет
lenochka_samar@mail.ru

Тарасенко Полина Денисовна

студент.
Кубанский государственный технологический университет
polina111mr@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с созданием в России основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Методология исследования базируется на системном анализе передового мирового опыта строительства инновационных климатически адаптивных зданий. Затрагиваются вопросы оптимизации формы зданий и применения высокотехнологичных фасадных систем в комплексе с внедрением возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: энергоэффективность, фасадные системы, теплоизоляция, микроклимат, энергосбережение, ограждающие конструкции, классификация фасадов.

Leonova Anna Nikolaevna

Associate Professor of the Department of Building Structures,
Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Samarkina Elena Alekseevna

Student,
Kuban State Technological University
lenochka_samar@mail.ru

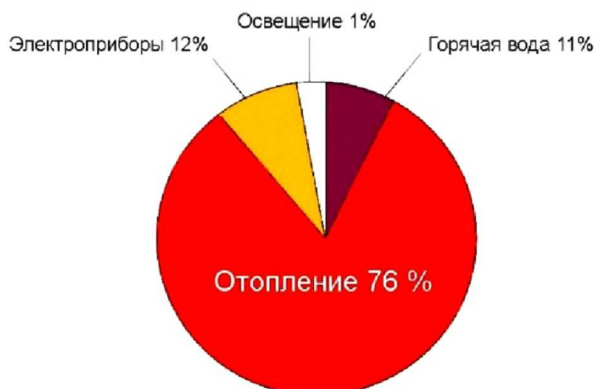
Tarasenko Polina Denisovna

Student,
Kuban State Technological University
polina111mr@gmail.com

Annotation. The article raises relevant issues related to creation of basis in Russia for promotion of energy conservation and improvement of energy efficiency. The research methodology is based on system analysis of advanced global experience in construction of innovative climate-adaptive buildings. It goes through the questions of optimization of the building form and application of high-tech facade systems together with implementation of renewable energy sources.

Keywords: energy efficiency, facade systems, thermal insulation, microclimate, energy conservation, envelopes, facade classification.

В настоящее время одним из приоритетов национальной политики России является решение проблемы энергоэффективности - увеличение отдачи от каждой единицы энергии. В то же время одним из приоритетов в мировом масштабе является проблема, тесно связанная с вопросами энергоэффективности, - сокращение выбросов парниковых газов, в основном CO₂.



Основные затраты на оплату энергоресурсов частного потребителя

Рисунок 1 – Основные затраты на оплату энергоресурсов частного потребителя

Жилищный сектор в России занимает второе место по величине конечного потребления энергии после обрабатывающей промышленности. Более 20 % потребляемой в стране энергии и более 15 % выбросов парниковых газов приходится на жилые дома. При этом на долю отопления приходится 58 % совокупного потребления энергии в жилых зданиях.



Рисунок 2 – Сравнительная диаграмма потребления тепла зданиями, в кВт ч на кв.м/год

Широкое жилищное строительство, проводившееся в России в предшествующие годы в условиях дешевизны энергоносителей, привело к тому, что теплозащитные характеристики ограждающих конструкций зданий оказались намного ниже, чем в странах, близких России по климатическим условиям. Расположение в северных широтах предполагает холодные продолжительные зимы и большое количество осадков. На юге жаркое лето приводит к серьезным расходам, в том числе и на кондиционирование помещений. Это привело к значительным затратам на отопление и кондиционирование зданий.

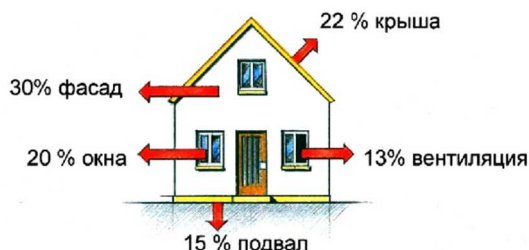


Рисунок 3 – Тепловые потери отдельно стоящего многоквартирного дома

По данным статистики, Россия находится на одном из первых мест по производству и потреблению различных видов энергии. Затраты на отопление 1 м² жилой площади в нашей стране в 2–3 раза выше, чем в Западной Европе.

Государственное регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности осуществляется путем установления обязанности проведения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме (глава 3 статья 9 Федерального закона №261-ФЗ) [1]. Для комплексной оценки теплопотерь здания выполняется энергетическое обследование.

Основные цели энергетического обследования здания:

- Получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов;
- Определение показателей энергетической эффективности;
- Определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

– Разработка перечня типовых, общедоступных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

Под энергетической эффективностью здания понимают общую энергоэффективность, выраженную одним или несколькими численными показателями, учитывающими: климатические параметры, теплоизоляцию здания, технические характеристики и оборудование, внутренние тепловыделения и микроклимат и прочие параметры, влияющие на потребность в энергии.

Энергетический паспорт здания составляющийся по результатам энергетического обследования содержит следующие данные:

- Класс энергетической эффективности здания;
- Оснащенность средствами учета энергетических ресурсов;
- Объем расходуемых энергетических ресурсов и динамика расхода во времени;
- Процент потери энергетических ресурсов;
- Потенциал энергосбережения, оценка возможной экономии;
- Типовой план энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Проведение энергетических обследований зданий основано на применении теплового метода с использованием современных методик и оборудования [2]. Проведение энергетических обследований жилых домов позволяют выявить: фактические величины тепловых потерь здания, дефекты теплоизоляции ограждающих конструкций, дефекты стыков межпанельных швов конструкций, узлов и деталей, сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций, положение точки росы относительно внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции, расположение плоскости промерзания ограждающих конструкций, теплоустойчивость ограждающих конструкций, удельное потребление тепловой энергии на отопление, рекомендуемую толщину утеплителя на участках сверхнормативных теплопотерь, параметры микроклимата в помещении.

Ни один из традиционных строительных материалов (железобетон, кирпич, ячеистый бетон) не способен в однослойной ограждающей конструкции обеспечить требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче при разумной толщине ограждающей конструкции.

Теплоизоляция зданий позволяет:

- Существенно снизить расход энергии на обогрев и кондиционирование помещения;
- Защитить стену от переменного замерзания и оттаивания и других атмосферных воздействий;
- Сгладить температурные колебания ограждающей конструкции (стены), благодаря чему исключается появление в ней трещин вследствие неравномерных температурных деформаций, что особенно актуально для наружных стен из крупных панелей;
- Увеличить долговечность стен здания;
- Вынести точку росы во внешний теплоизоляционный слой, благодаря чему исключается появление сырости на внутренней части стены;
- Создать благоприятный режим паропроницаемости стены;
- Сформировать более благоприятный микроклимат помещения (без образования конденсата на стенах, появления сквозняка в помещении и пр.);
- Улучшить оформление фасадов реконструируемых или ремонтируемых зданий;
- Произвести утепление, не уменьшая площади помещений;
- Обеспечить возможность утепления зданий без отселения жильцов при проведении работ.

Проведение элементарных низкочастотных мер по теплоизоляции жилых зданий (герметизация стыков, уплотнение окон и дверей, утепление чердачных помещений, установка механических вентиляционных систем) приведет к сокращению потребления тепла в жилых помещениях на 20 % (в среднем на 0,05 Гкал на м² в год). [3] Применение на практике энергосберегающих технологий позволяет сократить расходы на отопление жилого дома до 30 %.

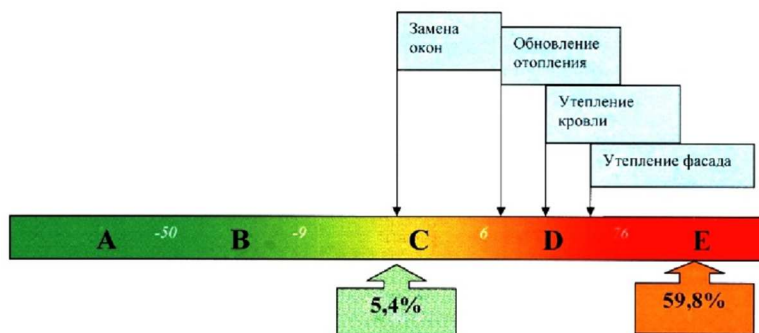


Рисунок 4 – Пример изменения класса энергетической эффективности пятиэтажного жилого дома по адресу г. Ростов-на-Дону, пер. Беломорский, 20 Г [4]

Таблица 1 – Проектная оценка энергоэффективности от применения комплекса энергосберегающих мероприятий для жилого многоквартирного дома по адресу г. Ростов-на-Дону, пер. Беломорский, 20 Г [4]

Показатели	Текущее значение показателей до проведения эффективных мероприятий	Экономия при проведении энергоэффективных мероприятий				Значение показателей после проведения энергоэффективных мероприятий
		Утепление фасада	Утепление кровли	Обновление системы отопления	Замена оконных заполнений	
Расчетное потребление энергии зданием, Гкал	823,12	308,88	51,55	73,58	109,61	279,90
Стоимость платы за отопительный период, руб.	858958	322332	53375	76778	114387	292085
Стоимость платы за отопление, руб./кв.м, (в отопительный сезон)	187,28	73,35	11,34	16,30	24,28	62,01
Стоимость платы за отопление в расчете на однокомнатную квартиру 30 кв.м за отопительный период, руб	5618,46	2108,39	349,13	502,21	748,20	1910,53
Стоимость платы за отопление в расчете на однокомнатную квартиру 30 кв.м в месяц, руб	936,41	351,40	58,19	83,70	124,70	318,42

Виды энергоэффективных фасадных систем:

1. Традиционный фасад, в котором несущую и теплоизоляционную функции выполняет стена, а фасадный слой из лицевого керамического (клинкерного) кирпича придает архитектурную выразительность зданию и защищает от неблагоприятных внешних воздействий.

2. Штукатурный утепленный фасад представляет собой многослойную конструкцию, которая состоит из теплоизоляционных плит, надежно зафиксированных клеем, крепежными элементами и штукатурки.

Достоинства штукатурных фасадов:

- Сравнительно низкая стоимость строительных материалов;
- Минимальные теплопотери;
- Высокая звукоизоляция, пароизоляция стен;
- Долговечность. Срок эксплуатации – от 20 до 50 лет;
- Незначительная трудоемкость работ.

- Штукатурные фасады имеют ряд недостатков:
- Высокие требования к соблюдению технологии монтажа. Нарушения технологии приводят к трещинам и расслаиваниям поверхности;
- Предварительная подготовка поверхности – выравнивание поверхности стены;
- Трудности локального ремонта;
- Удорожание работ в зимний период из-за использования тепловых пушек и защитных пленок.

3. Вентилируемый фасад – это конструкция, состоящая из материалов облицовки (плит или листовых материалов) и под облицовочной системы, которая крепится к стене так, чтобы между облицовкой и стеной образовалась вентилируемая воздушная прослойка. [5] Система вентилируемого фасада состоит из несущего каркаса, утеплителя и облицовочных панелей. Используя такой тип конструкции, удаётся решить проблему миграции пара путём создания вентилируемой воздушной прослойки между утеплителем и наружной облицовкой стены. Разность температур в помещении и на улице приводит к образованию теплового потока, который направлен от нагретой среды к холодной. Холодный уличный воздух, соприкасаясь с более теплой поверхностью утеплителя, нагревается и поднимается вверх. При этом конденсация пара и, следовательно, увлажнения материалов стены не происходит.

Достоинства вентилируемых фасадов:

- Высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики системы;
- Влагостойкость. Стена надежно защищается от избыточной влаги, сохраняет свои эксплуатационные свойства на протяжении десятилетий;
- Термостойкость. Перепады температур не влияют на образование трещин;
- Долговечность. Срок эксплуатации конструкций без дополнительного обслуживания составляет до 50 лет;
- Пожаростойкость, высокая защита от коррозии;
- Возможность локального ремонта;
- Не требуется предварительная подготовка, выравнивание поверхности стены;
- Широкий выбор облицовочных материалов и цветовых комбинаций.

К недостаткам вентилируемых фасадов можно отнести дороговизну и сложность технологии. Ошибки при монтаже фасадов приводят к снижению пожаростойкости, вентиляции, антикоррозионной защиты, а также к возникновению посторонних звуков в результате воздействия ветровой нагрузки.

Таким образом применение энергоэффективных фасадных систем позволяет решить комплекс задач:

- Снижение теплопередачи стен зданий, с помощью их утепления с наружной стороны. Наружное утепление как «вторая кожа» перекрывает все тепловые мосты, которые образуются в местах соединений простенков и перекрытий, а также вдоль оконных откосов [6]. В холодный период несущая конструкция стены остается в области плюсовых температур. В летний период, что особенно актуально для нашего южного климата, система теплоизоляции защищает от проникновения тепла снаружи здания, снижая затраты на кондиционирование помещения;
- Защита зданий и повышение их ценности. Продлить срок эксплуатации жилого дома - еще одна задача системы утепления. Она уменьшает вызванные климатическими воздействиями температурные колебания в стенах дома. Кроме того, она защищает от проникновения снаружи влаги, которая в сочетании с низкими температурами может привести к растрескиванию штукатурки и другим повреждениям материала стен. Таким образом, предупреждается образование на наружных стенах плесени и водорослей [6];
- Улучшение внешнего вида домов. Помимо необходимости в энергосбережении, внешний вид многоквартирных домов зачастую не выдерживает никакой критики. Существует реальная потребность повышения комфорта проживания до современного европейского уровня. С помощью системы утепления фасада улучшается внешний облик жилого дома, он становится более привлекательным;
- Уютный микроклимат в доме. Если в холодный день температура внутренней стороны стены будет всего на два градуса ниже температуры в помещении, то может

возникнуть ощущение сквозняка. Причина заключается в следующем: теплый воздух в комнате охлаждается на стене и опускается вниз. Возникает неприятная циркуляция воздуха. Кроме того, на холодных стенах появляется конденсат, в этих местах может образоваться плесень. Качественная теплоизоляция фасада устраняет эту проблему. Она обеспечивает условия, при которых в холодные дни температура на внутренней стороне наружной стены не опускается ниже комнатной. Это создает приятное ощущение тепла и обеспечивает здоровый микроклимат в жилом помещении.

Литература

1. Меньлюк А.И. Современные фасадные системы. – К. : Изд-во Освита, 2008. – 340 с.
2. Забельская М. Фасадные системы: проблемы и их решение // Будмайстер. – 2003. – № 8. – С. 26–29.
3. Дрижук Д., Фленкин М. Проблемы выбора фасадной системы // Технологии строительства. – 2002. – № 6. – С. 34–37.
4. Навесные фасадные системы с утеплением и воздушным зазором / Е. Цыкановский [и др.] // Технологии строительства. – 2002. – № 6. – С. 28–33.
5. Гликин С.М. Разработка и совершенствование эффективных ограждающих конструкций // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия. – 2004. – № 6. – С. 20–21.
6. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания. – М. : Стройиздат, 1973. – С. 285.

References

1. Meneilyuk A.I. Modern facade systems. – K. : Osvita Publishing House, 2008. – 340 p.
2. Zabelskaya M. Facade systems: problems and their solution // Budmeister. – 2003. – № 8. – P. 26–29.
3. Drizhuk D., Flenkin M. Problems of the choice of the facade system // Construction Technologies. – 2002. – № 6. – P. 34–37.
4. Suspended facade systems with insulation and air gap / E. Tsykanovsky [et al.] // Construction technologies. – 2002. – № 6. – P. 28–33.
5. Glikin S.M. Development and improvement of effective enclosing structures // Industrial and civil construction (PGS): Monthly scientific, technical and production journal / Russian Society of Civil Engineers; Russian Engineering Academy. – 2004. – № 6. – P. 20–21.
6. Fokin K.F. Construction heat engineering of the enclosing parts of the building. – M. : Stroyizdat, 1973. – P. 285.

УДК 69.059

РЕКОНСТРУКЦИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ



RECONSTRUCTION OF PILE FOUNDATIONS BY INTRODUCING ADDITIONAL DRILLING-INJECTION PILES

Макаренко Наталия Андреевна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
maknatali97@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные случаи, в которых применяется свайные фундаменты. Выделены причины повреждения фундаментов. Приведены способы усиления свайных фундаментов. Описана технология усиления фундаментов с помощью внедрения буроинъекционных свай в грунт. Дан перечень формул для расчета фундаментов на сваях. Также дано определение свайных фундаментов и сказано о функциях, которые они выполняют. Указаны преимущества реконструкции фундаментов буроинъекционными сваями. Отмечены этапы проведения работ при данной технологии реконструкции. Сказано о том, в каких еще фундаментах помимо свайных возможно применение буроинъекционных свай.

Ключевые слова: свая, фундамент, реконструкция, деформации, буроинъекционные сваи, осадка, усадка, несущая способность, грунты.

Makarenko Natalia Andreevna

Student,
Kuban State University of Technology
maknatali97@mail.ru

Annotation. The article discusses the main cases in which pile foundations are used. The causes of damage to the foundations are highlighted. Methods of strengthening pile foundations are given. The technology of strengthening foundations with the help of the introduction of drill-injection piles into the ground is described. A list of formulas for calculating foundations on piles is given. The definition of pile foundations is also given and it is said about the functions that they perform. The advantages of reconstruction of foundations with boron-injection piles are indicated. The stages of work with this reconstruction technology are marked. It is said in which other foundations besides pile piles it is possible to use drill-injection piles.

Keywords: pile, foundation, reconstruction, deformations, drilling piles, sediment, shrinkage, bearing capacity, soils.

В гражданском и промышленном строительстве свайный фундамент – это опорная конструкция под здание, которая состоит из отдельно стоящих вертикальных опор, погруженных в грунт и объединённых между собой ростверком.

Свайный фундамент передает нагрузку от вышележащих конструкций на грунт основания, предотвращает образование трещин и появление неравномерной усадки.

Свайные фундаменты применяют в следующих случаях:

- в сейсмически опасных районах;
- при высоком уровне подземных вод, а также при устройстве фундаментов в воде;
- при неравномерных деформациях грунтов основания, которые возможны при разнородности грунта;
- при слабой несущей способности грунтов основания
- в сооружениях, которые передают на фундаменты большие нагрузки.

Как и любая конструкция, свайные фундаменты подвержены деформациям и разрушению. Поэтому необходимо изучить оптимальные способы их реконструкции.

В большинстве случаев реконструкция зданий необходима из-за потери несущей способности основных конструкций здания, которая возникает при дополнительных нагрузках, не предусмотренных проектом, либо вследствие изменений работы конструктивной схемы здания. В связи с этим возникают дополнительные нагрузки на фундамент, а это в свою очередь влечет за собой появление неравномерной осадки. Если вовремя не принять меры по предотвращению прогрессирующей осадки фундаментов, то на конструкциях здания будут возникать трещины, а в худшем случае здание разрушится. Такой исход событий недопустим и требует выполнения мероприятий по усилению оснований. Цель данных мероприятий – выровнять (минимизировать) неравномерность осадок до допустимых величин.

- Основные причины повреждения фундаментов:
- прокладка инженерных коммуникаций;
 - земляные работы вблизи здания;
 - снижение прочностных и деформационных свойств грунтов при проявлении процесса набухания и пучения грунтов;
 - увеличение нагрузок на основание;
 - вибрационные и динамические воздействия;

Кроме того, фундаменты могут деформироваться из-за нарушения технологии монтажа и вследствие допущения ошибок при расчетах на этапе проектирования.

Прежде чем приступить к реконструкции необходимо провести ряд исследований по изучению состояния грунтов, оснований и фундаментов, надфундаментных конструкций, характер и величины их осадок за период строительства и эксплуатации [1, с. 2–3].

На основании результатов исследований составляется технический отчет с результатами обследования и техническим заключением. Руководствуясь представленной документацией, принимается решение об эффективных способах проведения реконструкции фундамента [2, с. 92].

В настоящее время применяются следующие методики усиления различных несущих конструкций, в основном направленные на усиление фундаментов и оснований существующих зданий и сооружений:

- устройство обойм, которые укрепляют кладку фундамента и значительно снижают удельное давление несущих конструкций сооружений на грунты;
- подведение новых фундаментов и перекладка имеющихся;
- химическое укрепление грунтов;
- устройство дополнительных буроинъекционных свай [3, с. 83].

Рассмотрим более подробно усиление свайных фундаментов с помощью буроинъекционных свай.

Буроинъекционные сваи – это конструкции, которые монтируются под основание фундамента и принимают на себя нагрузку от деформированного участка.

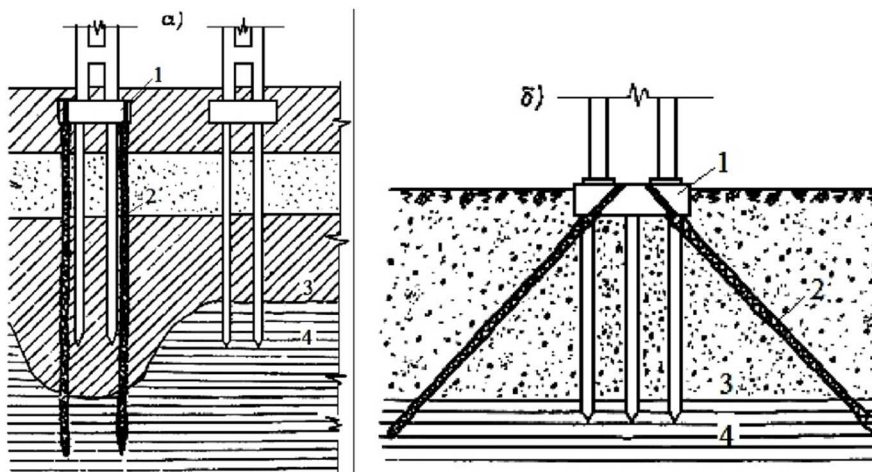


Рисунок 1 – Усиление свайного фундамента сооружений:

- а) при аварийной осадке б) при недопустимых горизонтальных перемещениях
 1 – существующий фундамент; 2 – буроинъекционные сваи; 3 – слабый грунт; 4 – плотный грунт

Эта технология предполагает пробуривание нескольких скважин диаметром от 50 до 80 мм по периметру свай. Затем в эти скважины подается цементный раствор с пластификаторами, ускоряющими твердение смеси. Таким образом, вокруг существующих свай образуется «рубашка», не допускающая дальнейшего разрушения.

Существует 2 метода реализации технологии:

1. Стандартный метод
2. Струйный метод

Подача бетона по стандартной технологии осуществляется при низком давлении 15–20 мПа.

Струйный метод предполагает подачу раствора при увеличенном давлении 350–450 мПа. В данном методе поток бетона расширяет стенки пробуренных скважин, вытесняет и уплотняет почву. Благодаря этому происходит дополнительное увеличение несущей способности сваи [4].

Приведем основные формулы для расчёта свайных фундаментов

Несущая способность сваи – максимально допустимая нагрузка, которую способна выдержать свая, не деформируясь.

Согласно СП 24.13330.2011 несущая способность висячей забивной сваи по грунту на действие вдавливающей нагрузки определяется как сумма расчетных сопротивлений основания под нижним концом сваи и на ее боковой поверхности по формуле:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + u \cdot \gamma_{cf} \cdot \sum f_i \cdot h_i),$$

где γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным 1;
 γ_{cr} , γ_{cf} – коэффициенты условий работы соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, принимаемые для забивных свай равными 1;
 A – площадь опирания нижнего конца сваи на грунт, принимаемая равной площади поперечного сечения сваи;
 u – наружный периметр поперечного сечения сваи; R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи;
 f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи;
 h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, которая должна быть не более 2,0 м.

Согласно СП 24.13330.2011 несущая способность забивной сваи-стойки по грунту на действие вдавливающей нагрузки определяется по формуле:

$$F_d = \gamma_{cr} \cdot R \cdot A,$$

Расчетное сопротивление основания под нижним концом сваи для всех видов забивных свай принимается равным $R = 20000$ кПа.

Согласно СП 63.13330.2012 несущая способность забивной сваи-стойки по материалу на действие вдавливающей нагрузки определяется по формуле:

$$F_{d,m} = \varphi \cdot R_b \cdot A,$$

где $\varphi = 0,6$ – коэффициент продольного изгиба;
 R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию.

Вернемся к реконструкции буроналивными сваями.

Использование этого метода усиления используется как в России, так и в зарубежных странах при реставрации исторических памятников архитектуры и жилых зданий.

Главными преимуществами буроналивных свай являются:

- возможность усиления фундамента в стесненных условиях работы
- одновременное усиление не только фундаментов, но и других конструкций, таких как стены, перекрытия, своды.
- использование на любых почвах без вреда соседним постройкам, применение при плотной застройке
- равномерное распределение нагрузок на грунтовые основания;
- качественная дополнительная гидроизоляция [7].

Этапы проведения работ

1. Подготовительный этап, которые включает в себя расчет будущей конструкции, изготовление проекта, подготовку рабочего места и разметку мест расположения свай;
2. Непосредственное бурение скважин по обозначенным отметкам под углом не менее 30° градусов от вертикали;
3. Тампонирующее цементного раствора под давлением;
4. Перерыв в работе на 3 дня;
5. Повторное разбуривание ниже фундаментной подошвы;
6. Введение арматуры в виде одиночных стержней, сварных арматурных каркасов, металлическими трубами или стальными профилями с фиксацией по центру скважины.

7. Подача пластичной мелкозернистой бетонной смеси под давлением по одному из выбранных методов реализации технологии (стандартный или струйный) с обеспечением защитного бетонного слоя вокруг арматуры минимум 2,5 см;

8. Заключительный этап представляет собой прессовку уже высохших конструкций [7].

Метод усиления буроинъекционными сваями применяется в тех случаях, когда в основании здания появляются трещины, если необходимо защитить поврежденное основание или усилить фундамент от сильных вибраций, или в ситуациях, когда возникает локальная просадка угла дома или секции [8].

Для устройства буринъекционных свай, или как их еще называют корневидных, нет необходимости выполнять большие земляные работы, пробивать вручную проемы и штрабы в старых фундаментах, зачищать боковую поверхность для сцепления нового бетона с материалом старого фундамента, расходовать стальной прокат. Буроинъекционные сваи особенно целесообразно применять для усиления старых фундаментов при реконструкции здания с увеличением нагрузок на фундамент, а также при опасности нарушения естественного основания глубокими выемками или подземными выработками возле здания. Были случаи, когда укреплялись фундаменты под старыми зданиями в то время, когда возле них строились новые объекты. Нагрузки от новых зданий могут спровоцировать появление деформаций в старых фундаментах, чтобы этого избежать существующие фундаменты усиливают. Еще одним плюсом использования буроинъекционных свай по сравнению с буронабивными и другими является то, что при их монтаже используются станки с малыми размерами и массой, которые не повреждают фундамент и грунт основания [9].

Метод реконструкции буроинъекционными сваями универсален и может применяться для любого типа фундаментов, различия в технологии незначительные, главное отличие в том, что в каждом типе фундамента применяется бетон определённого класса. Класс бетона подбирается исходя из следующих характеристик: тип и свойства грунта, глубина промерзания, уровень подземных вод, несущая способность основания.

Эта технология позволяет урегулировать погрешности, допущенные при расчете и конструировании свайного фундамента, так как появляется дополнительное укрепление основания. Во время реконструкции фундамента на строительной площадке необходимо устранить все работы, способные вызвать вибрации в грунте. В некоторых случаях для защиты от грунтовых сдвигов используют временный щит.

Помимо свайных фундаментов данный метод используется также в ленточных и плитных монолитных фундаментах. В ленточном фундаменте бурятся скважины канонической формы. Затем в эти скважины помещают армированную сваю, и заливают ее бетонным раствором. Для плитного фундамента подбираются сваи исходя из габаритов плиты, используется бетон высокого класса. Усиление этого типа фундамента буроинъекционными сваями осуществляется только в крайних случаях, когда остальные методы реконструкции становятся невозможными [10].

Подводя итоги можно сказать, что при реконструкции свайного фундамента применяется целый комплекс мер, направленный на его усиление и повышение несущей способности. Выбор того или иного способа реконструкции производится после тщательного исследования и расчета конструкций и зависит от причин возникновения дефектов фундамента. Буроинъекционные сваи – это инновационный способ реконструкции свайного фундамента, который подходит для реконструкции, как старых фундаментов, так и для усиления новых. Может применяться для любого типа грунта. Буроинъекционные сваи отлично выдерживают нагрузку от здания, построенного на сыпучих почвах, ведь подошва опирается на прочные слои грунта. Данная технология реконструкции точно предотвратит прогрессирующее деформирование и продлит срок службы зданий и сооружений на долгие годы.

Литература

1. Маршалка А.Ю. Основания и фундаменты реконструируемых зданий: конспект лекций. – 2015. – С. 2–3.

2. Сташишина А.Н., Абу Махади М.И. Выбор рационального способа реконструкции свайных фундаментов // Вестник РУДН, серия Инженерные исследования. – 2016. – № 2. – С. 92.
3. Сташишина А.Н., Абу Махади М.И. Некоторые аспекты реконструкции фундаментов // Вестник РУДН, серия Инженерные исследования. – 2016. – № 2. – С. 83.
4. Усиление свайного фундамента [Электронный ресурс]. – URL : <http://ustanovkasvai.ru/stati/74-usilenie-svajnogo-fundamenta> (дата обращения: 18.12.2021).
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 «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 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. Усиление фундаментов буроинъекционными сваями [Электронный ресурс]. – URL : <https://sdelai-lestnicu.ru/fundament/ukreplenie-fundamenta-buroinekcionnymi-svaami-usilenie-inecirovaniem> (дата обращения: 18.12.2021).
8. Укрепление фундамента методом инъекцирования [Электронный ресурс]. – URL : <https://fundamentclub.ru/remont/ukreplenie-fundamenta-buroinekcionnymi-svayami.html> (дата обращения: 18.12.2021).
9. Основания, фундаменты и подземные сооружения / М.И. Горбунов-Посадов [и др.] / под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М. : Стройиздат, 1985. – 480 с.
10. Магарамов М.С. Метод укрепления фундамента при помощи буроинъекционных свай // Молодой ученый. – 2020. – № 1 (291). – С. 38–41.
11. Пузанков Ю.И., Хорошев А.А., Леонова А.Н. Динамические характеристики строительных материалов при сейсмических воздействиях // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 671–680.

References

1. Marshalka A.Yu. Foundations and foundations of reconstructed buildings: lecture notes. – 2015. – P. 2–3.
2. Stasishina A.N., Abu Mahadi M.I. The choice of a rational method of reconstruction of pile foundations // Bulletin of the RUDN, Engineering Research series. – 2016. – № 2. – P. 92.
3. Stasishina A.N., Abu Mahadi M.I. Some aspects of reconstruction of foundations // Bulletin of the RUDN, Engineering Research series. – 2016. – № 2. – P. 83.
4. Strengthening of the pile foundation [Electronic resource]. – URL : <http://ustanovkasvai.ru/stati/74-usilenie-svajnogo-fundamenta> (accessed: 12/18/2021).
5. Bely D.A., Leonova A.N. Ways to strengthen the foundations of shallow laying // 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. 13–16.
6. Poddubsky A.V., Leonova A.N. Modern technologies of foundation construction in earthquake-prone areas // In the collection: Topical issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Third All-Russian Scientific and Practical Conference of Young scientists. – 2016. – P. 108–110.
7. Strengthening of foundations with boron-injection piles [Electronic resource]. – URL : <https://sdelai-lestnicu.ru/fundament/ukreplenie-fundamenta-buroinekcionnymi-svaami-usilenie-inecirovaniem> (accessed: 12/18/2021).
8. Strengthening the foundation by injection [Electronic resource]. – URL : <https://fundamentclub.ru/remont/ukreplenie-fundamenta-buroinekcionnymi-svayami.html> (date of address: 12/18/2021).
9. Foundations, foundations and underground structures / M.I. Gorbunov-Posadov [et al.] / under the general editorship of E.A. Sorochan and Yu.G. Trofimenkov. – M. : Stroyizdat, 1985. – 480 p.
10. Magaramov M.S. The method of strengthening the foundation with the help of drill-injection piles // A young scientist. – 2020. – № 1 (291). – P. 38–41.
11. Puzankov Yu.I., Khoroshev A.A., Leonova A.N. Dynamic characteristics of building materials under seismic impacts // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2020. – № 8. – P. 671–680.

ПРИЧИНЫ КОРРОЗИИ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ



CAUSES OF STAINLESS STEEL CORROSION

Маркозов Данил Юрьевич

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
d.markozov@mail.ru

Аннотация. В статье говорится о характеристиках нержавеющей стали. Описываются различные виды коррозии данного металла и способы устранения этой самой коррозии.

Ключевые слова: нержавеющая сталь, металл, коррозия, хром, кислород, ржавчина

Markozov Danil Yurievich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
d.markozov@mail.ru

Annotation. The article talks about the characteristics of stainless steel. Various types of corrosion of this metal and ways to eliminate this very corrosion are described.

Keywords: stainless steel, metal, corrosion, chromium, oxygen, rust

Нержавеющая сталь – это довольно популярный вид металла с широким спектром применения. Этот материал часто используется для производства различных автомобильных деталей, ювелирных изделий, медицинских устройств, а также для многих других целей. По своему определению сталь называют «нержавеющей», но есть множество примеров внезапного разрушения стальных изделий.

За эффектом ржавчины металла из нержавеющей стали, как и в случае с другими металлами, всегда стоит наука. Чтобы понять, что вызывает ржавчину хромовой стали, в первую очередь важно иметь четкое понимание науки, которое обычно предотвращает ее ржавление.

Сталь – это продукт углерода и железа. Нержавеющая сталь содержит углерод, железо и от 12 % до 30 % хрома. Нержавеющая сталь включает в себя другие элементы, например, такие как никель и марганец. В основном, хром является ключевым элементом, который делает ее устойчивой к ржавчине.

Когда поверхность обычной стали подвергается воздействию кислорода, она всегда образует оксид (Fe_2O_3), который имеет популярный цвет красной ржавчины.

Оксид железа не способен образовывать бесконечный слой на стали, поскольку молекула оксида занимает большую площадь, чем лежащие в основе атомы железа. В конечном итоге он уходит, оставляя незащищенную необработанную сталь, что затем запускает неизбежный цикл ржавления. Отсюда можно сделать вывод, что нержавеющая сталь способна ржаветь [3].

Основная причина ржавчины нержавеющей стали – это коррозия. Коррозия добавляет от хрома, поэтому необработанная сталь подвергается воздействию различных элементов, которые могут ускорить ржавление.

Существуют несколько типов коррозии:

– Щелевая коррозия, которая возникает, когда поверхность нержавеющей стали лишена кислорода. Например, во время стыков или щелей в стальных изделиях. Небольшой зазор, который создан для устранения допуска станет эпицентром ржавчины. В таком зазоре щели скапливается вода или же другая жидкость. Кислород в жидкости со временем уменьшается, что приводит к накоплению хлоридов, которые образуют кислоты, разъедающие нержавеющую сталь.

Чтобы решить данную проблему геометрию стального изделия часто изменяют для того, чтобы удалить щели или же способ скопления жидкости. Также решение такой проблемы решается в замене данного металла на титан, который имеет свойство сопротивляться хлоридам.

– Общая коррозия, происходящая при минимальном вмешательстве внешних факторов [1]. Это происходит, когда pH металла из нержавеющей стали падает ниже 1.

– Гранулы нержавеющей стали могут подвергаться воздействию различных элементов, например тепла. Высокая температура, превышающая 450 градусов по Цельсию, может вызвать распад частиц углерода. При этом поверхность стали подвергается воздействию различных элементов.

– Биметаллическая коррозия возникает, когда два разных металла с общим электролитом вступают в прямой контакт друг с другом. Эту коррозию иногда называют гальванической коррозией.

– Коррозия под напряжением. Внешнее напряжение, оказываемое на нержавеющую сталь, может вызвать коррозию в той или иной форме. Это, в свою очередь, подвергнет сталь воздействию различных элементов ржавчины [2].

– Загрязнение при производстве, очистке и сварке. Мелкие частицы простой стали врезаются в поверхность и вызывают появление пятен на поверхности нержавеющей стали.

Если деталь обрабатывается на станке с ЧПУ, который также обрабатывает стальные детали, мелкие частицы стали могут в конечном итоге загрязнить охлаждающую жидкость. Обрабатываемая деталь из нержавеющей стали навсегда останется в поверхности.

Точно так же полировальные круги, которые используются для стальных деталей, а не для нержавеющей, могут аналогичным образом включать стальные частицы. Это касается других стальных инструментов, например гаечных ключей [4].

Именно эти инородные частицы, не являющиеся нержавеющей, подвергаются ржавчине и вызывают появление пятен на поверхности стали. При осмотре зоны хранения для механической обработки важно убедиться, что они не вызывают перекрестного загрязнения нержавеющей деталей.

Литература

1. Шиховцов А.А. Влияние внутренних и внешних факторов на замедленное хрупкое разрушение стали // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11. – Ч. 9. – С. 1841–1845.
2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Кинетика и микромеханика замедленного разрушения стали // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4. – С. 858–861.
3. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2013. – № 4. – С. 134–135.
4. Мишин В.М., Шиховцов А. А. Локальное замедленное разрушение порошковых сталей, содержащих мартенсит // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2015. – № 11. – С. 665–666.

References

1. Shikhovtsov A.A. Influence of internal and external factors on delayed brittle fracture of steel // *Fundamental research*. – 2013. – № 11. – Part 9. – P. 1841–1845.
2. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Kinetics and micromechanics of delayed fracture of steel // *Fundamental research*. – 2013. – № 4. – P. 858–861.
3. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Influence of stress concentration on threshold loads during delayed fracture of steel parts // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. – 2013. – № 4. – P. 134–135.
4. Mishin V.M., Shikhovtsov A. A. Local delayed destruction of powder steels containing martensit // *International Journal of Experimental Education*. – 2015. – № 11. – P. 665–666.

БЕТОНИРОВАНИЕ В МОРСКОЙ ВОДЕ



CONCRETING IN SEA WATER

Мирная Дарья Сергеевна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина
mirnaja.daria@yandex.ru

Выродова Ирина Геннадиевна

старший преподаватель,
Кубанский государственный технологический университет
vyrodova_ira@mail.ru

Аннотация. В статье описывается процесс подводного бетонирования в морской воде и основные способы защиты бетона.

Ключевые слова: бетонирование под водой, бетонные конструкции, морская вода, бетонирование в морской воде.

Mirnaya Daria Sergeevna

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilina
mirnaja.daria@yandex.ru

Vyrodova Irina Gennadievna

Senior Lecturer,
Kuban State Technological University
vyrodova_ira@mail.ru

Annotation. The article describes the process of underwater concreting in seawater and the main ways to protect the concrete.

Keywords: concreting under water, concrete structures, sea water, concreting in sea water.

П одводный бетон – это форма строительного материала, широко используемая в определенных формах проектов структурного проектирования. В сооружении, в котором подразумевается, что нижние части останутся под водой, следует использовать подводный бетон.

Бетонирование под водой обычно применяют при строительстве гидротехнических сооружений, например для днищ опускных колодцев, подводных частей опор мостов и других гидротехнических сооружений, возводимых в водоемах или в условиях высокого стояния грунтовых вод, а также при строительстве и ремонтных работах.

Укладка бетона под водой – это особая тема, к которой стоит относиться с особой осторожностью. Если происходит так, что бетонные сооружения должны быть построены ниже уровня воды, выбираются два способа, один из которых заключается в том, что вода может быть временно исключена из участка с помощью насосов, оборудования для обезвоживания, а другой состоит в опускании бетона в воду с использованием специальных методов.

Укладка бетона под водой представляет собой несколько проблем, хоть он и затвердевает под водой.

Самым сложным является предотвращение расслоения и потери цемента. Опалубку, за исключением более простых конструкций, трудно разместить точно, и во всех случаях она должна быть надежно закреплена. Ввиду этих трудностей подводное бетонирование обычно ограничивается массовыми неармированными работами, и всегда следует учитывать использование сборных блоков для всей работы или в качестве несъемной опалубки [1].

Основные требования для подводного бетонирования:

- Бетон нельзя укладывать под воду при температуре воды ниже 4 °С.
- Размещение производится в дамбах или формах.
- Требуется очистка фундамента с помощью гидравлических форсунок или насосов.
- Бетон нельзя помещать в проточную воду.
- Бетон не должен падать в воду.

Бетонные конструкции, построенные в морских условиях, подвергаются ряду химических и физических разрушений, так как они прямо или косвенно контактируют с морской водой. Поверхность планеты Земля на 71 % покрыта водными объектами. Почти 97 % покрыто только морской водой. Из этого можно сделать вывод, что различные гидротехнические и бетонные сооружения подвергаются контакту с морской водой, например через брызги, которые приносит ветер [2].

В состав морской воды входят различные части, вступающие в химические реакции с компонентами цементного бетона. Это приводит к повреждению и разрушению бетонных конструкций. $MgSO_4$ (сульфат магния), реагируя с соединением гидроксида кальция в цементе, образует сульфат кальция. После ряда нескольких химических преобразований образуется сульфалоюминат кальция, который является основной причиной воздействия химических реакция на различные бетонные конструкции, построенные с помощью подводного бетона.

Сульфаты разрушают бетон и вызывают его расширение, но из-за присутствия хлоридов в морской воде набухание бетона замедляется [4]. Следовательно, эрозия и потеря бетона происходят без особого расширения.

Стойкость бетона в морской воде можно повысить низким водоцементным соотношением, которое делает бетон непроницаемым. Вследствие этого поры в бетоне становятся очень маленькие, поэтому не способны удерживать морскую воду. Это предотвращает расширение из-за замерзания воды и кристаллизации соли в порах. Чтобы сделать его пригодным для строительства могут быть добавлены добавки, которые не должны содержать хлоридов. Если будут присутствовать хлориды, может произойти коррозия арматуры.

Если бетонная конструкция построена в морской воде, то наиболее пострадавшая часть конструкции расположена значительно выше отметки затопления. Область между низким и высоким уровнем воды менее затронута, в то время как область, которая постоянно погружается под воду, меньше всего подвергается воздействию. Причина такого поведения объясняется тем, что количество соленой воды откладывается в порах бетона из-за того, что морская вода контактирует с областью, где расположена отметка максимального уровня воды из-за колебания волн. Происходит такое, когда область с отметкой максимального уровня воды высыхает. В таком случае вода кристаллизуется в мелкие частицы соли, вследствие чего происходит разрушение бетона. Этот процесс напоминает замерзание воды в порах бетона в холодном климате, бетон разрушается и теряет свою прочность [3].

Литература

1. Комиссаров А.Н., Шиховцов А.А. Развитие ресурсосберегающих технологий в строительстве // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры // Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 133–136.
2. Завротынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные способы ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.
3. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.
4. Кириченко В.А., Шиховцов А.А., Митин А.Б. Экономико-технологические аспекты применения полистиролбетона // В сборнике: Экономика и предпринимательство. – 2017. – 1204 с.

References

1. Komissarov A.N., Shikhovtsov A.A. Development of resource-saving technologies in construction // In the collection: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure // Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University», Institute of Construction and Transport Infrastructure; FGBOU VO «KubGTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 133–136.
2. Zavrotynskaya V.V., Tkhazeplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern methods of accelerating the strength gain of concrete // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 641–649.
3. Modern technologies for accelerating concrete strength development / E.A. Langner [et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – № 5. – P. 36.
4. Kirichenko V.A., Shikhovtsov A.A., Mitin A.B. Economic and technological aspects of the use of polystyrene concrete // In the collection: Economics and Entrepreneurship. – 2017. – 1204 p.

УДК 619.714

ПРЕДПОСЫЛКИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ СТАЛИ

◆◆◆◆

PREREQUISITES FOR BRITTLE FRACTURE OF STEEL

Назарков Николай Алексеевич

студент 3 курса факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
nazarkov.kolya@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются причины возникновения хрупкого разрушения стали, появления трещин и деформаций. Наглядно показан график зависимости температурного режима от предела текучести стали. Описаны основные методы борьбы с хрупким разрушением.

Ключевые слова: хрупкое разрушение, сталь, влияние температур, трещины, современные технологии, хладноломкость, предел текучести, приемы борьбы.

Nazarkov Nikolay Alekseevich

3rd year Student of the Faculty of
Hydro-Reclamation,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
nazarkov.kolya@mail.ru

Annotation. The article discusses the causes of brittle fracture of steel, the occurrence of cracks and deformations. Graphically shows the dependence of the temperature regime on the yield strength of steel. The main methods of combating brittle destruction are described.

Keywords: brittle fracture, steel, temperature influence, cracks, modern technologies, cold fracture, yield strength, fighting techniques.

Хрупкое разрушение является одним из наиболее распространенных видов разрушения в конструкционных системах в широком спектре применений, охватывающих области гражданской, машиностроительной и аэрокосмической техники. Предотвращение разрушений является одной из главных задач проектирования конструкций и исторически обусловило разработку теоретических и экспериментальных методологий прогнозирования происхождения и распространения структурных повреждений [1]. В то время как общая тема механики разрушения сама по себе очень сложна из-за сосуществования многих текущих физических процессов в разных пространственных масштабах конкретная тема хрупкого разрушения, возможно, еще более сложна из-за возникновения шероховатости поверхности трещины, нестабильности и разветвления. Подробное обсуждение последствий и подходов к моделированию разрушения можно найти во многих источниках. За последние несколько десятилетий динамический анализ разрушения, безусловно, принес большую пользу и добился значительного прогресса благодаря быстрому развитию численных методов [2].

Хрупкое разрушение происходит преимущественно упругом деформировании материала, без заметной пластической деформации, под действием нормальных растягивающих напряжений, вызывающих отрыв одной части тела от другой.

После большого количества анализов несчастных случаев с переломами исследователи обнаружили, что большая доля возникновений несчастных случаев связана с наличием трещин (врожденных или вызванных повреждениями во время изготовления или использования) в стальных элементах [3]. Современные технологии производства и контроля не допускают наличия дефектов типа трещин во вновь изготовленных компонентах. Однако при длительной эксплуатации в условиях циклических нагрузок и воздействия окружающей среды трещины в элементах могут возникать и развиваться из-за микроструктурных дефектов (например, из частиц крупных включений). Особенно высокий риск возникновения и развития трещин в компоненте обнаруживается, когда включения группируются в одной плоскости, что приводит к развитию внутренних трещин расслоения. Дефекты в виде трещин часто возникают и в сварных соединениях [4]. В этом случае возможно возникновение трещин в материале соединения или в зоне термического воздействия. Трещины открытого типа являются основной причиной хрупкого разрушения элементов.

Температура оказывает существенное влияние на характер (хрупкость или пластичность) развития разрушения. В зависимости от температуры в одном и том же ма-

териале могут возникать различные механизмы разрушения: полностью хрупкий, смешанный хрупкий и пластичный или полностью пластичный. Проблемам, связанным с разрушением при различных температурах, уделяется большое внимание.

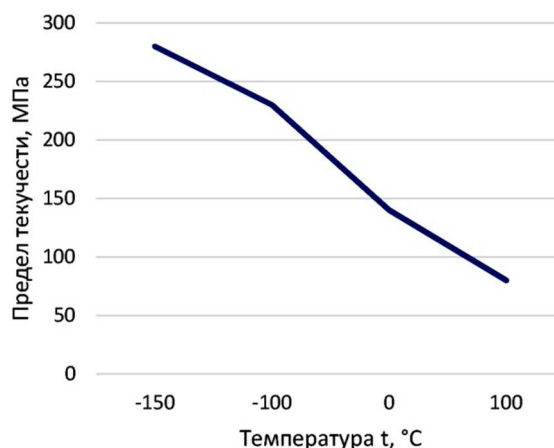


Рисунок 1 – График зависимости предела текучести стали от температуры

Из графика видно, что хрупкое разрушение напрямую связано с температурной зависимостью, показатель которого резко возрастает при охлаждении заготовки [5]. Такая ситуация наблюдается у сплавов, которые склонны к хладноломкости.

К методам борьбы с хрупким разрушением можно отнести:

1. На стадии проектирования рассчитывают конструкции с применением спокойных сталей, раскисленных марганцем, кремнием, алюминием.
2. Содержание углерода в строительных сталях ограничивают (не более 0,22 %) и фосфора (не более 0,05 %).
3. Добавление некоторых легирующих элементов, таких как хром, никель и ванадий в сочетании с алюминием и азотом повышает стойкость стали к хрупкому разрушению. Последнее сочетание используется в самых ответственных конструкциях.
4. Также благоприятно влияет на стойкость термоупрочнение (закалка и высокотемпературный отпуск).

Еще одной предпосылкой возникновения хрупкого разрушения можно считать источник концентрации напряжений, а именно электросварку, которая создает пиковые напряжения из-за быстрого и неравномерного остывания элементов [6]. Для снижения негативного эффекта от сварки необходимо соблюдать технологию процесса, а именно исключать швы больших размеров (не более, чем это требуется), замедлять остывание соединения, применять качественную зачистку поверхности, избегать соединений внахлестку.

Вывод: существует ряд аспектов, которые наиболее сильно провоцирует появление такого явления как хрупкое разрушение. При проектировании стальных конструкций проектировщики часто учитывают только пластическое разрушение. Известны ситуации, когда произошел ряд несчастных случаев с хрупким разрушением даже при низких напряжениях, таким образом, хрупкое разрушение нельзя игнорировать.

Литература

1. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Методика определения сопротивления замедленному разрушению стальных деталей с концентраторами напряжений // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 3. – С. 43–48.
2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Оценка факторов, влияющих на микромеханизм замедленного разрушения стали с помощью метода конечных элементов // Вестник ТГУ. – 2013. – Т.18. – № 4. – С. 1913–1915.
3. Котречко С.А., Мешков Ю.Я., Шиян А.В. Механическая стабильность – универсальная мера сопротивления переходу в хрупкое состояние металла // Успехи физики металлов. – 2009. – Т. 10. – № 2. – С. 207–228.

4. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Разделение силовой и термоактивационной компонент разрушения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 11. – С. 104–105.
5. Определение напряженно-деформированного состояния стали при усталостном разрушении / А.А. Шиховцов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2. – С. 148–152.
6. Баранов В.П. Прогнозирование длительности зарождения субмикронесплошностей в высокопрочных сталях, находящихся под действием растягивающих напряжений в инактивных средах // Известия ТулГУ. Сер. Математика. Механика. Информатика. – Тула : ТулГУ, 2004. – № 10. – Вып. 2. – С. 67–74.

References

1. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Methodology for determining the resistance to delayed destruction of steel parts with stress concentrators // Modern high-tech technologies. – 2013. – № 3. – P. 43–48.
2. Shekhovtsov A.A., Mishin V.M. Evaluation of factors influencing the micro mechanisms of delayed fracture of steel using the finite element method // Vestnik TGU. – 2013. – Vol.18. – № 4. – P. 1913–1915.
3. Kotrechko S.A., Meshkov Yu.Ya., Shiyan A.V. Mechanical stability is a universal measure of the resistance transition to brittle behavior of metal // Successes of metal physics. – 2009. – Vol. 10. – № 2. – P. 207–228.
4. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Separation of the power and thermal activation components of destruction // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2011. – № 11. – P. 104–105.
5. Determination of the stress-strain state of steel during fatigue failure / A.A. Shikhovtsov [et al.] // Modern high-tech technologies. – 2019. – № 2. – P. 148–152.
6. Baranov V.P. Forecasting the duration of the nucleation of submicron faults in high-strength steels under the action of tensile stresses in inactive media // Izvestiya TulGU. Ser. Mathematics. Mechanics. Computer science. – Tula : TulSU, 2004. – № 10. – Issue 2. – P. 67–74

УДК 69.059

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРМАТУРЫ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ



COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPOSITE VALVES AND METAL VALVES

Леонова Анна Николаевна

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

Наумович Юлия Игоревна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
naumovich16012000@mail.ru

Ковалева Алина Андреевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
kovalevaalina2000@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведены результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований сравнения композитной и металлической арматуры, которые применяются на строительных площадках. Рассматриваются их свойства, достоинства и недостатки. Итогом исследования является определение конструкций, в которых использование композитной и металлической арматуры является эффективным.

Ключевые слова: композитная арматура, металлическая арматура, стекловолокно, базальтовая арматура, арамидное волокно, углеволокно.

Leonova Anna Nikolaevna

Ph. D., Associate Professor of
the Department of Building Structures,
Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Naumovich Yulia Igorevna

Student,
Kuban State Technological University
naumovich16012000@mail.ru

Kovaleva Alina Andreevna

Student,
Kuban State Technological University
kovalevaalina2000@mail.ru

Annotation. This article presents the results obtained in the course of experimental studies comparing composite and metal reinforcement, which are used on construction sites. Their properties, advantages and disadvantages are considered. The result of the study is to identify structures in which the use of composite and metal reinforcement is effective.

Keywords: composite rebar, metal rebar, fiberglass, basalt rebar, aramid fiber, carbon fiber.

Совсем недавно металлическая арматура являлась единственным материалом в строительстве, с помощью которого выполнялось все армирование. Но на сегодняшний день существуют различные аналоги, которые по ряду характеристик превосходят металлические прутья. Одним из них является композитная полимерная арматура – современный строительный материал (рис. 1).



Рисунок 1 – Композитная арматура

Ее основу составляют материалы, образованные композитным волокном (стеклом, углеродом, базальтом, арамидом) (армирующие наполнители), и связующим веществом (термореактивной синтетической смолой) (матрица) [1]. Волокна диаметром 4–12 мм соединяются между собой, образуя единый стержень, на который накручиваются ребра. После арматура проходит через печь, подвергаясь воздействию высокой

температуры, ждет охлаждения водой, и в самом конце протягивается и нарезается необходимой заказчику длины. В основном широкое применение получили только стекловолокно и базальтовое волокно, так как армирование арамидным волокном и углеволокном имеет высокую стоимость.

Полимерную композитную арматуру обозначают в соответствии с армирующим наполнителем. Существуют следующие виды арматуры [2]:

- АСК (АСП) – стеклокомпозитная;
- ААК (ААП) – арамидокмпозитная;
- АБК (АБП) – базальтокомпозитная;
- АУК (АУП) – углекомпозитная.

Стекловолокно и базальтовая арматура по многим свойствам лучше, чем металлическая арматура, но также имеют недостатки. Сравним их основные особенности. Плотность металлического стержня составляет $7,85 \text{ г/см}^3$, а у исследуемого композита – $1,9 \text{ г/см}^3$, т.е. примерно в 4 раза меньше. Неметаллическая арматура обладает высокой стойкостью к щелочной среде бетона, что увеличивает срок службы бетонных конструкций в 2–3 раза по сравнению с металлической арматурой [3]. Композитная арматура не теряет своих свойств при экстремально низких температурах. Неметаллические композитные стержни на основе стекловолокна и базальта по сравнению с металлической арматурой имеют более высокую прочность на разрыв, но обладают более низким модулем упругости [4]. Также к недостаткам композитной арматуры можно отнести отсутствие пластической деформации при растяжении и невысокую прочность на сжатие (рис. 2).

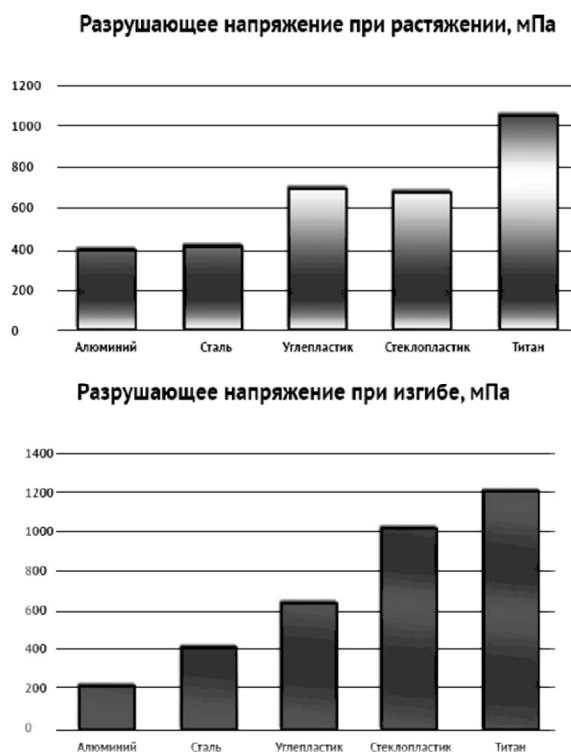


Рисунок 2 – Разрушающее напряжение при растяжении и изгибе

Сравнение некоторых физико-механических свойств композитной и металлической арматуры приведено в таблице 1.

Выбор арматурных прутков для фундамента зависит от нагрузок будущей конструкции. Для ленточных фундаментов одноэтажных домов и хозяйственных построек можно использовать композитные изделия, для многоэтажных зданий со свайно-плитным фундаментом применяется стальная арматура соответствующего вида и диаметра сечения [5]. Сетка из стекловолоконных прутков при заливке бетоном начина-

ет менять форму под давлением. Можно комбинировать стальную и композитную арматуру, сваривая основной каркас из металлических прутков и заполняя его стеклопластиковыми стержнями.

Таблица 1 – Характеристики композитной и металлической арматуры

Характеристики	Металлическая арматура класса А-III (А400С) ГОСТ5781-82	Неметаллическая арматура (АСК – стеклопластиковая, АБК – базальтопластиковая)
1	2	3
Материал	Сталь 35ГС,25Г2Сидр.	АСК – стеклянные волокна \varnothing 13–16 микрон, связанные полимером АБК – базальтовые волокна \varnothing 10–16 микрон, связанные полимером
Временное сопротивление при растяжении, МПа	360	1200 – для АСК 1300 – для АБК
Модуль упругости, МПа	20000	55000 – для АСК 71000 – для АБК
Относительное удлинение, %	25	2,2– для АСК и АБК
Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-5}/\text{C}$	13–15	9–12
Плотность, т/м ³	7,85	1,9
Коррозионная стойкость к агрессивным средам	Коррозирует с выделением продуктов ржавчины	Нержавеющий материал первой группы химической стойкости, в том числе к щелочной среде бетона
Теплопроводность	Теплопроводна	Нетеплопроводна
Электропроводность	Электропроводна	Диэлектрик
Выпускаемые профили	6–80	3,5–12 в перспективе до 20
Длина	Стержни длиной 6–12м	Любая длина по требованию заказчика
Экологичность	Экологична	Экологична
Долгосрочность	40 лет	80 лет 100 лет
Экономика цены	\varnothing 10 = 58,22 руб./п. м \varnothing 12 = 78,77 руб./п. м \varnothing 14 = 95,54 руб./п. м	\varnothing 8 = 24,60руб/п. м \varnothing 8 = 24,60руб/п. м \varnothing 10 = 38,60руб/п. м \varnothing 8 = 14,58руб/п. м \varnothing 8 = 14,58руб/п. м \varnothing 10 = 24,29руб/п. м

Таким образом, на сегодняшний день невозможно полностью заменить металлическую арматуру. Оба варианта имеют ряд важных достоинств, поэтому важно использовать каждый материал в соответствующей сфере. Использовать композитную арматуру целесообразно и эффективно в тех случаях, когда возможно полностью использовать ее свойства, которые отсутствуют у металлической арматуры. Из всех видов неметаллической арматуры широко распространены АСК и АБК, которые активно используются при строительстве зданий и сооружений в агрессивных средах. Но вследствие низкого модуля упругости, композитная арматура требует предусмотрения специальных мероприятий для повышения трещиностойкости и деформативности. В таком случае эффективнее использовать металлическую арматуру.

Литература

1. Леонова А.Н., Шевчук Е.А., Губская К.В. Основные виды композитной арматуры. Её преимущества и недостатки // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – С. 334–338.
2. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // Девелопмент и инновации в строительстве / сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
3. Гартемова Е.Б. Стекло и стеклопластики. – Волгоград : Издательство ВолГасу, 2006. – С. 184.

4. ГОСТ 31938–2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкции // plastinfo.ru. – URL : <https://plastinfo.ru/content/file/gosts/e1e52abb16c6.pdf> (дата обращения: 03.12.2021).
5. Кустикова Ю.О., Римшин В.И., Шубин Л.И. Практические рекомендации и технико-экономическое обоснование применения композитной арматуры в железобетонных конструкциях зданий и сооружений // Жилищное строительство. – 2014. – № 7. – С. 14–18.

References

1. Leonova A.N., Shevchuk E.A., Gubskaya K.V. The main types of composite reinforcement. Its advantages and disadvantages: Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – P. 334–338.
2. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their effect on the properties of materials // Development and innovations in construction / collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
3. Gartemova E.B. Glass and fiberglass. – Volgograd : VolGasu Publishing House, 2006. – P. 184.
4. GOST 31938-2012 Polymer composite reinforcement for reinforcing concrete structures // plastinfo.ru. – URL : <https://plastinfo.ru/content/file/gosts/e1e52abb16c6.pdf> (date of access: 03.12.2021).
5. Kustikova Yu.O., Rimshin V.I., Shubin L.I. Practical recommendations and a feasibility study for the use of composite reinforcement in reinforced concrete structures of buildings and structures // Zhilishchnoe stroitel'stvo. – 2014. – № 7. – P. 14–18.

УДК 693

ХИМИЧЕСКИЕ ДОБАВКИ В БЕТОННЫЕ СМЕСИ**CHEMICAL ADDITIVES IN CONCRETE MIXES****Носуля Иван Сергеевич**

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина
7-fin-7@mail.ru

Щербак Дмитрий Анатольевич

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина
dimascherbak1998@mail.ru

Аннотация. Приведены некоторые химические добавки для бетона. Исследовано их влияние на свойства бетона.

Ключевые слова: бетон, химические добавки, бетон, железобетон.

Nosulya Ivan Sergeevich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
7-fin-7@mail.ru

Shcherbak Dmitry Anatolyevich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
dimascherbak1998@mail.ru

Annotation. Some chemical additives for concrete are given. Their influence on concrete properties is investigated.

Keywords: concrete, chemical additives, concrete, reinforced concrete.

Бетон – наиболее используемый строительный материал в мире. Является композиционным строительным материалом, приготавливаемым на основе таких компонентов как минеральные вяжущие вещества, заполнители микрозаполнители и различные модификаторы классов и химических свойств.

Свое наибольшее развитие в технологии и теории бетон получил в двадцатом веке. Он используется в строительных работах более ста лет, но именно двадцатый век стал «золотым веком» для бетона. Но и в настоящее время бетон и железобетон остается востребованным в строительных работах, так как он может обеспечить надежную и долговечную эксплуатацию сооружения. Бетон востребован во многих отраслях техники, используется для строительства капитальных сооружений и для каждого вида работ необходимы разные свойства бетона, такие как водонепроницаемость, прочность, морозостойкость и так далее [1]. Для этого применяют специальные химические добавки. Так как они являются одним из самых доступных и простых технологических приемов изменения свойств бетона. Именно поэтому в мировой практике химическим добавкам в технологии бетона уделяется большое внимание. Это привело к тому, что их производство становится самостоятельной и интенсивно развивающейся отраслью промышленности стройматериалов.

В соответствии с ГОСТ 24211-2003 под добавками для бетонов понимаются различные продукты, вводимые в бетонные и растворные смеси с целью улучшения их технологических свойств, повышения строительно-технических свойств бетонов и растворов и придания им новых свойств [2]. Под добавками понимается. Добавки это химические реагенты, которые могут быть органического или неорганического строения, а также сложного или просто состава. Их добавляют в состав бетона, с водой затвердения и могут иметь жидкое, твердое или пастообразное состояние. У химических добавок достаточно большая область применения, их насчитывается более 300 разновидностей которые находят применение в производстве раствора, бетона.

Одной из разновидностей химических добавок является ускоритель твердения. Под его действием скорость набора прочности в первые сутки затвердевания бетона значительно больше. После 20 суток прочность бетона без добавок и с добавками постепенно выравнивается и становится одинаковой. Зависимость набора прочности в процессе затвердевания бетона представлен на графике 1.

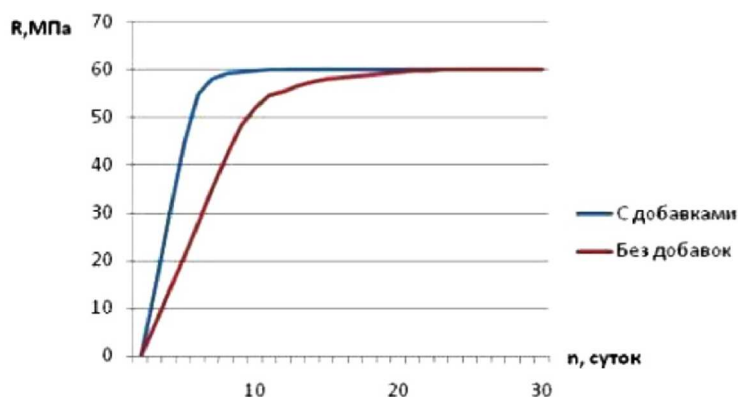


График 1 – График зависимости набора прочности бетона с химическими добавками

В строительных работах процесс набора прочности может регулироваться локальными правовыми актами, например, правила производства работ.

Кроме повышения прочности химические добавки в количестве от 0,1 до 2,5 % от массы цемента используют для улучшения различных свойств бетона, таких как морозостойкость, водопроницаемость и газонепроницаемость. На графике 2 представлено изменение подвижности бетонной смеси с разным количеством химической добавки. Помимо индивидуальных химических добавок все чаще применяют комплексные химические добавки. Соединение нескольких разных добавок могут, как ослабить, так и усилить необходимые особенности каждой из химических добавок. Именно поэтому необходимо знать какое влияние на бетонные смеси оказывает различные химические добавки, чтобы получить требуемые свойства при строительных работах.

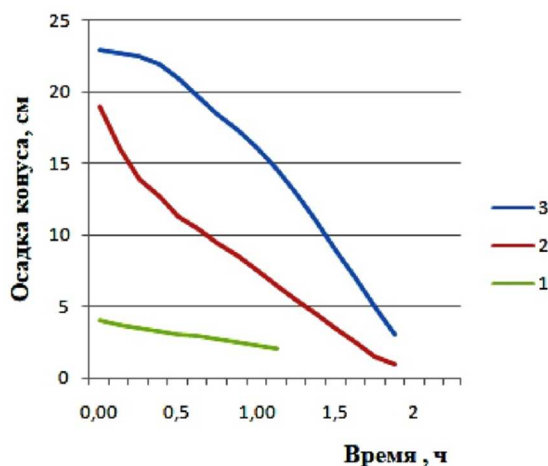


График 2 – График изменение подвижности бетонной смеси с добавкой суперпластификатора С-3: 1 – без добавки; с объемами добавки: 2 – 0,8 %; 3 – 1,2 %

Добавки делятся на классы. Это зависит от их эффекта действия, что и подразделяют их на классы. Пластифицирующие, водоредуцирующие, стабилизирующие добавки относятся к регулирующим свойства бетонных и растворных смесей [3, 4]. Помимо этого есть добавки которые регулируют свойства бетонов и растворов, такие как повышающие прочность, снижающих проницаемость, расширяющие. Придающие бетонам и растворам специальные свойства, такие как противоморозные, гидрофобизирующие. Минеральные добавки подразделяются на два типа: активные и инертные.

Отдельно можно более подробно рассмотреть пластифицирующие добавки. Эти добавки часто используются в строительстве. Благодаря уменьшению водоцементного отношения, при сохранении изначальной подвижности бетонной смеси значительно повышается прочность и долговечность сооружения и изделий из бетона [5]. Для достижения нужного и наилучшего разжижающего эффекта пластификаторы не

должны содействовать образованию пространственных коагуляционных структур [6]. Задачей пластификатора является повышение текучести смеси, это влияет на самовыравнивание стяжки, что позволяет лучше расходиться по поверхности пола. Кроме этого есть и другие положительные качества этой добавки, таких как экономия цемента, снижение усадки и риска растрескивания, повышения устойчивости к истиранию.

В заключении можно сказать, что правильное применение химических добавок для бетонной смеси позволяет существенно изменить характеристики исходного материала. Это позволяет использовать подстраивать бетон под необходимые условия, что упрощает строительные работы.

Литература

1. Комиссаров А.Н., Шиховцов А.А. Развитие ресурсосберегающих технологий в строительстве // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры // Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 133–136.
2. Тараканов О.В. Химические добавки в растворы и бетоны. – Пенза : ПГУАС, 2016. – 156 с.
3. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона: монография. – М. : Казанский Государственный архитектурно-строительный университет : Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.
4. Завротынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные способы ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.
5. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.
6. Кириченко В.А., Шиховцов А.А., Митин А.Б. Экономико-технологические аспекты применения полистиролбетона // В сборнике: Экономика и предпринимательство. – 2017. – 1204 с.

References

1. Komissarov A.N., Shikhovtsov A.A. Development of resource-saving technologies in construction // In the collection: Ecological, engineering-economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure // Collection of articles of the International scientific and practical Conference. Kuban State Technological University, Institute of Construction and Transport Infrastructure; KubSTU; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 133–136.
2. Tarakanov O.V. Chemical additives in solutions and concretes. – Penza : PGUAS, 2016. – 156 p.
3. Izotov V.S., Sokolova Yu.A. Chemical additives for concrete modification: monograph. – M. : Kazan State University of Architecture and Civil Engineering : Publishing House «Paleotype», 2006. – 244 p.
4. Zavrotynskaya V.V., Tkhazeplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern methods of accelerating the strength set of concrete // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2020. – № 8. – P. 641–649.
5. Modern technologies for accelerating the strength set of concrete / E.A. Langner [et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – № 5. – С. 36.
6. Kirichenko V.A., Shikhovtsov A.A., Mitin A.B. Economic and technological aspects of the use of polystyrene concrete // In the collection: Economics and Entrepreneurship. – 2017. – 1204 p.

УДК 663.252.9

СО₂-МАЦЕРАЦИЯ КАК ОСНОВА ТЕХНОЛОГИИ МОЛОДОГО ВИНА



CO₂-MACERATION AS THE BASIS OF YOUNG WINE TECHNOLOGY

Ольховатов Егор Анатольевич

кандидат технических наук,
доцент ВАК, член-корр. РИА,
доцент кафедры технологии хранения и
переработки растениеводческой продукции,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
olhovatov_e@inbox.ru

Касьянов Геннадий Иванович

доктор технических наук, профессор ВАК,
действительный член РИА,
профессор института пищевой и
перерабатывающей промышленности,
Кубанский государственный технологический университет
g_kasjanov@mail.ru

Христюк Алексей Владимирович

кандидат технических наук, член-корреспондент РИА
hristuk_a@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена технология проведения углекислотной мацерации в ракурсе возможности ускоренного получения качественных красных и розовых виноматериалов. Показана потенциальная возможность производства широкого ассортиментного ряда молодых вин отечественного происхождения.

Ключевые слова: СО₂-мацерация, технология виноделия, красные виноматериалы, молодое вино

Olkhovatov Egor Anatolievich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the
Higher Attestation Commission,
Corresponding Member. RIA,
Associate Professor, Department of
Storage Technology and
Processing of Crop Products,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
olhovatov_e@inbox.ru

Kasyanov Gennady Ivanovich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of VAK, Full Member of RIA,
Professor of the Institute of Food and
Processing Industry,
Kuban State Technological University
g_kasjanov@mail.ru

Khristyuk Alexey Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences,
Corresponding Member of RIA
hristuk_a@mail.ru

Annotation. The technology of carbon dioxide maceration is considered from the perspective of the possibility of accelerated production of high-quality red and rose wine materials. The potential possibility of producing a wide assortment of young wines of domestic origin is shown.

Keywords: CO₂-maceration, winemaking technology, red wine materials, young wine.

День «Божоленуво», отмечаемый во Франции в честь созревания красного вина из местного сорта винограда гамэстал основой для сформировавшейся мировой традиции праздника молодого вина. Каждый год в третий четверг ноября желающие присоединяются к приверженцам этой даты и провозглашают славу созревшему напитку. Изначально этот день было принято отмечать бургундским вином, способным созреть за несколько недель с дня начала переработки урожая и столь же быстро стареющим. Праздник, появившись во Франции, перекочевал в сотни стран Мира и часть из них теперь отмечают его не только Божоле, но и собственной продукцией. Где-то выращивают изначальный гамэ, а кто-то предложил производить вина из автохтонных сортов [1]. Так или иначе, этот день и следующие за ним стали добрым шагом в популяризации вина, а традиция употребления молодого продукта потребовала от виноградарей и виноделов приложить все усилия и задействовать свой творческий потенциал для поиска возможностей создания уникального качественного продукта.

Исходное «Божоленуво» готовят из гамэ, урожай которого в этом регионе за счёт терруарных особенностей способен давать очень рано созревающий виноматериал, что является недостатком такой продукции, поскольку она не способна к длительному хранению и очень рано отмирает. Однако сразу по завершении винификации такие вина обладают очень тонким выразительным букетом с деликатными танинами, что приходится весьма кстати применительно к сложившейся традиции пробовать образцы разных производителей в каждом из многочисленных заведений, присоединившихся к празднованию.

При этом, вина из винограда сорта гамэ, принадлежащего к другим терруарам, вполне способны формироваться в обычных временных интервалах, показывая довольно высокую танинность в сравнении с молодой вариацией. Так, в первой половине прошлого века гамэ занимал значительные площади виноградников нашего региона и из него получали вполне традиционные вина без нарушения регламентированных сроков выделки.

Стоит отметить, что на отечественных предприятиях все эксперименты по получению «молодого вина» в срок к мировому празднику сводятся к обработке мезги, сусла и готового виноматериала из автохтонного сорта комплексными ферментными препаратами для придания продукту розливозрелости за гораздо более короткий период, нежели тот, за который виноматериал из этого сорта способен созреть при обычных условиях винификации. И, по нашему мнению, органолептическая составляющая такого продукта отнюдь не достигла ещё искомым производителями свойств.

Между тем известно, что применение такого винодельческого приёма, как углекислотная или CO_2 -мацерация позволяет получать лёгкие питкие и малотанинные вина с фруктовой и ягодной вкусоароматической составляющей, ничуть не уступающие «Божоленуво» а в сравнении с продукцией отдельных производителей, и превосходящие его по всем параметрам, кроме, разве что, стоимости. Применение способа углекислотной мацерации позволяет получать белые, розовые и красные виноматериалы для молодых вин высокого качества и с оригинальными органолептическими свойствами, управляя ходом процесса винификации и комбинируя различные фракции получаемых виноматериалов в итоговом купаже. CO_2 -мацерация успешно применяется в переработке сырья с заплесневелыми ягодами, поскольку такие условия губительны для плесневых грибов и дальнейшего развития они не показывают. При этом не происходит также и развития оксидантного катаса.

Сбор урожая винограда, который планируется к переработке таким способом, производят максимально бережно, с минимальным количеством раздавленных ягод. Это обеспечивает биохимические процессы, протекающие в бескислородной атмосфере в ягоде, способствующие в дальнейшем ускоренному созреванию виноматериалов, полученных сбраживанием добытого из таких ягод сусла. Урожай винограда подают в ёмкость для карбонизации по транспортёру, гребни перед загрузкой, как правило, не отделяют. Оригинальная установка, предложенная для реализации этого метода, показана на рисунке 1.

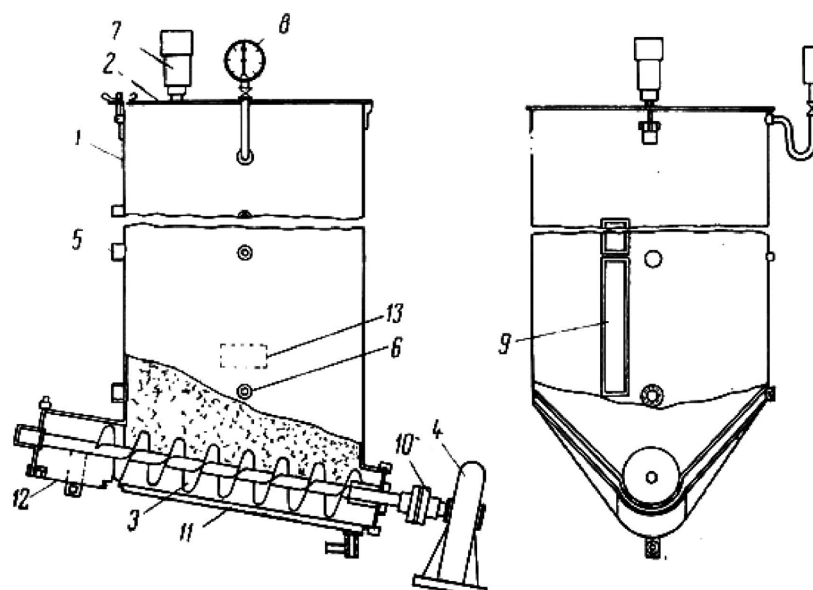


Рисунок 1 – Установка для карбонизации винограда в атмосфере CO_2 целыми гроздьями:

- 1 – резервуар для карбонизации; 2 – крышка загрузочного люка;
- 3 – шнек для прессования и выгрузки; 4 – привод шнека, 5 – патрубок,
- 6 – термометр, 7 – предохранительный клапан, 8 – манометр, 9 – смотровое окно,
- 10 – муфта, 11 – поддон шнека, 12 – съёмный защитный кожух, 13 – смотровой люк

Создание углекислой атмосферы в герметично закупоренной ёмкости, куда загружают свежесобранный урожай винограда осуществляют либо нагнетанием CO₂ экзогенного происхождения, либо путём сбраживания автохтонной микрофлорой сока, выделившегося из отдельных раздавленных в грозди ягод. По прошествии 7–8 сут. карбонизации сусло из ягод отделяют и сбраживают обычным способом с применением дрожжей чистых культур. Полученные виноматериалы хранят в тех же резервуарах под давлением 98,1–196,2 кН/м² (1–2 ат) [2].

Способ был доработан и механизирован в середине прошлого века, однако по причине низкой популярности такого продукта, как молодое вино со всеми присущими ему вкусоароматическими характеристиками, развития не имел. В то же время, получение высококлассных молодых вин, потенциально возможное в нашем регионе, является одним из приоритетов государственной политики в области виноградарства и виноделия, поскольку, согласно Федеральному закону № 468-ФЗ, в числе ее основных целей значатся повышение качества продукции виноградарства и продукции виноделия, производство и оборот которых осуществляются на территории Российской Федерации, а также повышение конкурентоспособности продукции виноградарства и продукции виноделия, произведенных из винограда, выращенного на территории Российской Федерации [3].

Сотрудниками Кубанского государственного аграрного университета регулярно проводятся исследования особенностей проявления агробиологических и технологических показателей промышленных насаждений темнойгодных технических сортов винограда при возделывании их в неукрывной культуре в Центральной зоне Кубани [4, 5]. Эти работы направлены на изыскание внутренних резервов для получения высококлассных вин с оригинальными характеристиками, которые отражали бы особенности терруара и были бы минимально требовательны к условиям агротехники, что дало бы возможность получать, в том числе, органическую продукцию, столь востребованную потребителем. А сортиментный ряд сортов, потенциально пригодных к получению вин конкретного типа, формируется по результатам микровиноделия, что стало возможным благодаря учебной лаборатории, созданной при учебном центре инновационных технологий в садоводстве и виноградарстве КубГАУ [6].

Литература

1. Вино с ЗНМП «Южный берег Тамани» сухое красное Молодое. Шато Тамань 2021 [Электронный ресурс]. – URL : <https://kuban-vino.ru/catalog/3455/> (дата обращения 24.12.2021).
2. Проектирование и строительство винодельческих предприятий с основами планирования и технологии отрасли / А.В. Кочерга [и др.]. – Краснодар : ООО «Экоинвест», 2020. – 541 с.
3. Федеральный закон от 27 декабря 2019 г. N 468-ФЗ «О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL : <https://rg.ru/2019/12/31/vino-dok.html> (дата обращения 24.12.2021).
4. Особенности проявления агробиологических и технологических показателей у трехлетних кустов темнойгодных технических сортов винограда при возделывании в неукрывной культуре в Центральной зоне Кубани / П.П. Радчевский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 166. – С. 112–129.
5. Биологические особенности новых сортов – интродуцентов в центральной зоне Кубани / Л.М. Малтабар [и др.] // Виноград и вино России. – 2000. – № 4. – С. 24–26.
6. Новая площадка для обучения [Электронный ресурс]. – URL : <https://kubsau.ru/events/news/novaya-ploshchadka-dlya-obucheniya/> (дата обращения 24.12.2021).

References

1. Wine with ZNMP «South coast of Taman» dry red Young. Chateau Tamagne 2021 [Electronic resource]. – URL : <https://kuban-vino.ru/catalog/3455/> (accessed 12/24/2021).
2. Design and construction of wineries with the basics of planning and industry technology / A.V. Kocherga [et al.]. – Krasnodar : Ecoinvest LLC, 2020. – 541 p.

3. Federal Law of December 27, 2019 № 468-FZ «On viticulture and winemaking in the Russian Federation» [Electronic resource]. – URL : <https://rg.ru/2019/12/31/vino-dok.html> (accessed 12/24/2021).
4. Peculiarities of manifestation of agrobiological and technological indicators in three-year-old bushes of dark-berry technical varieties of grapes when cultivated in non-covering culture in the Central zone of Kuban / P.P. Radchevsky [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2021. – № 166. – P. 112–129.
5. Biological features of new varieties - introducers in the central zone of the Kuban / L.M. Maltabar [et al.] // Grapes and wine of Russia. – 2000. – № 4. – P. 24–26.
6. New platform for learning [Electronic resource]. – URL : <https://kubsau.ru/events/news/novaya-ploshchadka-dlya-obucheniya/> (accessed 12/24/2021).

УДК 528

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ 3D-ГИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ



STAGES OF CREATING A 3D GIS USING DATA GROUND LASER SCANNING

Панченко Екатерина Анатольевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
catepanchenko@gmail.com

Гура Дмитрий Андреевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет
доцент кафедры геодезии,
Кубанский государственный аграрный университет
gda-kuban@mail.ru

Дражецкий Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
drzhetsky@mail.ru

Марковский Иван Геннадьевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
mr.djoker_o@mail.ru

Аннотация. В XXI веке методы лазерного сканирования стали доступны для широкого круга пользователей и могут применяться для решения разнообразных задач. Одним из самых популярных и основных направлений применения данных технологий является создание 3D-моделей объектов. Авторами статьи предложен алгоритм создания 3D-ГИС по данным наземного лазерного сканирования для любого объекта инфраструктуры.

Ключевые слова: геоинформационная система, ГИС, наземное лазерное сканирование, 3D модель, объект инфраструктуры.

Panchenko Ekaterina Anatolevna

Student,
Kuban State Technological University
catepanchenko@gmail.com

Gura Dmitriy Andreevich

Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor of the Cadastral and
Geoengineering Department,
Kuban State Technological University,
Assistant Professor of
the Geodesy Department,
Kuban State Agrarian University
gda-kuban@mail.ru

Drazhetsky Daniil Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
drzhetsky@mail.ru

Markovskiy Ivan Gennadevich

Student,
Kuban State Technological University
mr.djoker_o@mail.ru

Annotation. In the XXI century, laser scanning methods have become available to a wide range of users and can be used to solve a variety of problems. One of the most popular and main areas of application of these technologies is the creation of 3D models of objects. The authors of the article propose an algorithm for creating a 3D-GIS based on ground laser scanning data for any infrastructure object.

Keywords: geoinformation system, GIS, ground laser scanning, 3D model, infrastructure object.

Геоинформационные системы существуют более 25 лет и успешно способствуют развитию самых разнообразных сфер человеческой деятельности. В данной статье будет рассмотрено направление наземного лазерного сканирования.

Геоинформационная система (ГИС) – это автоматизированная информационная система, которая обеспечивающая сбор, хранение, обработку, возможность доступа и отображения пространственных и не пространственных данных, а также получение на их основе информационных знаний о географическом пространстве. ГИС позволяет произвести объединение большого числа всевозможных пространственных данных, разного рода пространственной и непространственной информации об исследуемых объектах и проводить анализ полученных сведений. Технологии мониторинга являются основой при создании геоинформационного обеспечения, что делает возможным получить весь спектр информации об исследуемой области. Объектами ГИС являются объекты, имеющие пространственные характеристики. Геоинформационная система содержит данные об этих объектах в форме цифровых представлений (векторных и растровых) [1–2].

В геоинформационных системах реализуются различные операции, которые поддерживаются программными, операционными, кадровыми и иными обеспечениями. Рассмотрим основные преимущества ГИС:

1) удобный инструмент для создания карт (геоинформационные системы оптимизируют процесс расшифровки данных космической и аэрофотосъемки, используют уже созданные планы местности, схемы, чертежи);

2) удобное отображение пространственных данных (отображение пространственных данных, в том числе в трехмерных измерениях, наиболее удобно для восприятия, что упрощает построение запросов и их последующий анализ);

3) интеграция данных внутри организации (коллективное использование накопленных данных и их интеграция в единый информационный массив дает значительные конкурентные преимущества и повышает эффективность функционирования ГИС);

4) принятие обоснованных решений (автоматизация процесса анализа и построения отчетов по любым явлениям, связанным с пространственными данными, способствует ускорению и повышению эффективности процедуры принятия решений) [3].

С развитием трёхмерных технологий геоинформационные системы также обрели трехмерность. На основе 3D-ГИС возможно осуществление информационного обеспечения работ, которые связанных с большим объемом данных, поступающих из разных источников и имеющих различную пространственную привязку. Создание и использование 3D-ГИС имеют свою особую специфику. Хранилища подобных систем (базы данных, файловый архив документации) содержат огромные массивы информации в форме стандартных отчетных документов, таблиц и пространственных данных [3–4].

Авторами статьи предлагается алгоритм создания 3D-ГИС по данным наземного лазерного сканирования.

Алгоритм работы создания 3D-ГИС для любого объекта инфраструктуры состоит из четырех этапов. Далее подробно рассмотрим каждый из них.

1. Подготовительный этап включает в себя анализ потребностей заказчика, согласование технического задания и планирование выполняемых работ. Заказчика зачастую интересуют такие функциональные возможности 3D-ГИС как: визуализация всей графической и атрибутивной информации; поиск информации; нанесение подписей и меток; возможность просмотра подземных инженерных коммуникаций; измерение объекта; изображение объекта на плоскости и в 3D-пространстве.

2. Полевые работы, которые разделяются на несколько шагов. Первый шаг включает в себя рекогносцировку объекта, в том числе исследование инженерных коммуникаций. Далее для получения геометрических данных об исследуемом объекте необходимо произвести лазерное сканирование с помощью геодезического оборудования – наземного лазерного сканера. Этот шаг очень важен, так как его результатом служит пространственная геометрия объекта, его внутренние элементы (например, интерьер здания) и точное расположение окружающих строений. Дополнительно на полевом этапе производится панорамная фотосъемка [5–6].

3. Камеральные работы. Этот этап включает в себя обработку всех собранных и измеренных данных. Проект, содержащий результаты сканирования переносится на компьютер, для дальнейшей обработки в специальном программном обеспечении. Как основа визуализации будущей ГИС, по данным лазерного сканирования, строится 3D модель объекта. Привязка объектов в 3D-ГИС на данном этапе производится в реальном масштабе (рис. 1).

К элементам 3D модели впоследствии будет привязана информационная составляющая ГИС со следующими данными: картографическая информация, космические снимки, фотопанорамы, трехмерные модели, схемы, планы, таблицы и текстовые документы.

На данном этапе расчетно-аналитические решения для прикладных задач встраиваются в создаваемую геоинформационную систему, а также разрабатываются алгоритмы по специфической обработке ГИС данных. Для формирования геоинформационной системы из готовых данных в качестве платформы используется специализированное программное обеспечение.

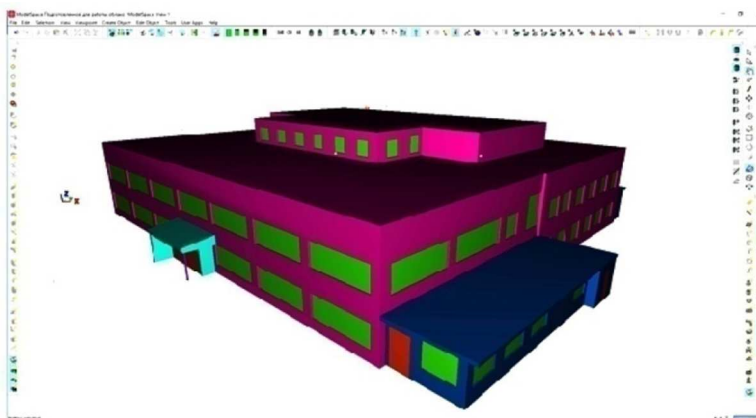


Рисунок 1 – Пример 3D модели объекта

4. Апробация 3D-ГИС

После формирования 3D-ГИС необходимо произвести контроль и тестирование её функционала. Успешно пройдя выходной контроль, 3D-ГИС отправляется заказчику, после чего повторно все настраивается, проверяется и сдается в эксплуатацию. Также при необходимости может проводится обучение специалистов по работе с созданной 3D-ГИС [6].

В результате созданная 3D-ГИС будет обладать множественными преимуществами и может применяться в различных целях, например, в планировании будущих работ и обследований в режиме реального времени. Позволит снизить затраты времени при работе с информацией и повысить скорость и эффективность принятия решений.

Заключение

Таким образом, практическая значимость создания предложенной выше 3D ГИС определяется тем, что полученные результаты могут быть использованы разработчиками ГИС систем геоинформационного мониторинга, специалистами по геодезии и лазерному сканированию в целях получения более точных пространственных данных и создания единой информационной базы, аккумулирующей полученные сведения и оптимизирующей работу с геоданными.

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00849

Литература

1. Быстров А.Ю. Разработка методики геоинформационного обеспечения мониторинга водохранных зон рек и водохранилищ // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2018. – С. 24.
2. Маслаков А.А. Разработка геоинформационной технологии построения 3d-моделей объектов по данным лазерной локации // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М., 2009. – С. 22.
3. Геоинформационная система как аспект создания условий для безбарьерного туризма и занятий адаптивным спортом для людей с ограниченными возможностями здоровья / И.С. Грибкова [и др.] // Адаптивная физическая культура. – 2020. – Т. 84. – № 4. – С. 44–47.
4. Мониторинг сложных объектов инфраструктуры / Д.А. Гура [и др.] // Вестник Адыгейского государственного университета. Раздел «Технические науки». – 2019. – Вып. 4 (251).
5. Данилов В.А., Федоров А.В., Безвершенко Л.С. Сравнение методов фотограмметрии и лазерного сканирования для создания трехмерных моделей объектов и территорий археологических ГИС (на примере археологического раскопа Увекского городища) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2019. – Т. 19. – № 2. – С. 72–78. – DOI 10.18500/1819-7663-2019-19-2-72-78.

- 6) Хмелевский М. Опыт создания 3d ГИС по данным наземного лазерного сканирования [Электронный ресурс]. – URL : <https://acropol-geo.ru/o-proektax/114-lazernoe-skanirovanie-dramaticheskogo-teatra-dlya-sozdaniya-3d-gis>

References

1. Bystrov A.Y. Razvitiyametodkigeoinformationnogo providing monitoring of water protection zones of rivers and reservoirs // Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of candidate of technical sciences. – M., 2018. – P. 24.
2. Maslakov A.A. Development of geoinformation technology of construction of 3d-models of objects according to the data of laser location // Author's abstract of the dissertation for the scientific degree of candidate of technical sciences. – M., 2009. – P. 22.
3. Geoinformation system as an aspect of creating conditions for barrier-free tourism and adaptive sports for people with disabilities / I.S. Gribkova [et al] // Adaptive physical culture. – 2020. – Vol. 84. – № 4. – P. 44–47.
4. Monitoring of complex infrastructure facilities / D.A. Gura [et al] // Bulletin of Adyghe State University. Section «Technical sciences». – 2019. – Issue 4 (251).
5. Danilov V.A., Fedorov A.V., Bezvershenko L.S. Comparison of methods of photogrammetry and laser scanning for the creation of three-dimensional models of objects and territories of archaeological GIS (on the example of an archaeological excavation of the Uvek settlement) // IzvestiyaSaratovskogouniversiteta. New series. Series: Earth Sciences. – 2019. – Vol. 19. – № 2. – P. 72–78. – DOI 10.18500/1819-7663-2019-19-2-72-78.
6. Khmelevskiy M. Experience in creating 3d GIS based on ground laser scanning data [Electronic resource]. – URL : <https://acropol-geo.ru/o-proektax/114-lazernoe-skanirovanie-dramaticheskogo-teatra-dlya-sozdaniya-3d-gis>

УДК 69.05

СПОСОБЫ УСКОРЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ



WAYS TO ACCELERATE MONOLITHIC WORKS IN THE CONSTRUCTION OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES

Параничев Ярослав Вячеславович

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
paranichev.yaroslav@gmail.com

Аннотация. В статье мы рассмотрим возможность ускорения построек гидротехнических сооружений посредством прослеживания параллелей между правильной организацией рабочего процесса и его влияния на скорость проведения тех или иных работ. Таким образом, в этой работе будут описаны требования, которым будут следовать работники на рабочих площадках, расположения техники непосредственно на объекте и её использование согласно предписанным требованиям, а также требования к проверке качества используемого бетона во время тех или иных работ.

Ключевые слова: организация рабочего процесса, требования к рабочим, техника, бетон.

Paranichev Yaroslav Vyacheslavovich

Student of the Hydromelioration Faculty,
Kuban State Agrarian University
paranichev.yaroslav@gmail.com

Annotation. In the article we will consider the possibility of accelerating the construction of hydraulic structures by tracing parallels between the correct organization of the workflow and its impact on the speed of certain works. Thus, this work will describe the requirements that workers will follow on the work sites, the location of equipment directly on the site and its use according to certain requirements, as well as the requirements for checking the quality of the concrete used during certain works.

Keywords: organization of the workflow, requirements for workers, machinery, concrete.

Следование требованиям организационного процесса важно не только из-за уменьшения вероятности получения возможных травм во время рабочего процесса, но и для непосредственного увеличения КПД для всех процессов, происходящих на строительной площадке. Так следования основным правилам уже можно сохранить или вовсе увеличить скорость, с которой будет выполняться та или иная работа на месте возведения проектного сооружения. Поэтому необходимо составить Местные технологические правила, которым будут следовать персонал на объекте. Они будут создаваться, на основе следующих пунктов:

- 1) ТУ-32-54 «Технические условия па производство бетонных работ по возведению гидротехнических сооружений в летнее, время»;
- 2) «ГОСТ 4795-53, 4797-41)-4801-49» «Бетон гидротехнический»: «Общие требования» (ГОСТ Т1795-53), «Технические требования к материалам для его приготовления» (ГОСТ 4797-49), «Методы испытаний материалов для его приготовления» (ГОСТ 4798-49), «Методы испытаний бетонной смеси» (ГОСТ 4799-49), «Методы испытаний бетона» (ГОСТ 4800-19), «Проектирование составов» (ГОСТ 4801-49).
- 3) Н 114-54 «Бетон гидротехнический. Признаки и нормы агрессивности водосреды»;
- 4) ТП-22-52 «Технические правила по экономному расходованию металла, цемента и леса при производстве строительно-монтажных работ по сооружению электрических станции»;
- 5) ТУ-5-50. «Гидротехнические сооружения. Технические условия на организацию и методы контроля при производстве бетонных работ»;

Составления Местных правил на основе этих требований перечисленных выше позволит облегчить и ускорить работы на объекте благодаря тому, что все дальнейшие процессы будут спроектированы и утверждены с учётом различных факторов, которые могут происходить именно на этой рабочей площадке [5].

Нельзя забывать, что создание гидротехнических сооружений также требуется провести различные анализы, как почвы, так и воды на месте будущего строительства, поэтому на строительной площадке как минимум за шесть месяцев возводиться лабо-

ратория, что будет заниматься изучением данных с запланированного для строительства места и подбором смеси с подходящим составом для запланированного проекта.

После проделанных замеров создаются надлежащие условия на строительной площадке, которые будут удовлетворять всем требованиям. Таким как строительства типового бетонного завода, который будет в кратчайшие сроки снабжать бетоном строительную площадку и будет экономический более выгоден, чем покупка нужного количества смеси с помощью другого завода, что может находиться на слишком большом расстоянии от места строительства. Создание индивидуального завода требуется только в том случаи, если нет возможности использовать стандартный (типовой) завод [6].

Также подготовки требует и строительная площадка, а именно подготовка технической базы объекта. То есть снабжения объект различными машинами для упрощения тех или иных работ. Например, бетоновоз, кран, порционный транспорт, ленточные транспортёры, бетононасос и другие машины с приборами [4].

Но не стоит забывать и о том, что будущую строительную площадку также требуется снабдить энергосетью, водопроводом, мастерские по работе с опалубкой и арматурой, которые будут выполнять запланированные проекты, что должны были быть согласованы за два месяца до стройки.

Создание этих условий необходимо по ряду причин, но одной из важнейших является создание условий, в которых рабочие смогут обеспечить создание различных вспомогательных элементов для будущей стойки, что в свою очередь уменьшит конечную себе стоимость проекта [3].

По мере заливки объекта бетоном его качество требуется проверять через определенный промежуток времени.

Количество замеров с одного сооружения (либо в одной из частей сооружения) должно быть более четырёх, и отклонение от заданной марки допускается, не более чем представлено на таблице 1 [1; 2].

Таблица 1 – Таблица допустимых отклонений

Общее число испытанных серий	Марка бетона	Отклонение от заданной прочности (марки) в сторону снижения, %	Максимально допустимое число серий со снижением прочности от общего числа испытаний серий, %
от 5 до 20	200 и ниже	более 13	20
то же	300 и выше	10	20
более 20	200 и ниже	25	5
то же	300 и выше	20	2

В приведённой статье мы провели, параллель, между тем как на скорость работы и её ускорение влияет, организация трудовой деятельности на объекте строительства, а также соблюдение необходимых требований для стабильной и не прекращающейся деятельности, которая будет производиться на строительной площадке. И так мы выяснили что соблюдение предписываемых правил и требований может только положительно подействовать на проделываемую работу по созданию того или иного гидротехнического объекта.

Литература

1. Завротынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные способы ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.
2. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.
3. Кириченко В.А., Шиховцов А.А., Митин А.Б. Экономико-технологические аспекты применения полистиролбетона // В сборнике: Экономика и предпринимательство. – 2017. – 1204 с.
4. Комиссаров А.Н., Шиховцов А.А. Развитие ресурсосберегающих технологий в строительстве // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный тех-

нологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 133–136.

5. ВСН 31-83/ Минэнерго СССР Правила производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200030841/titles/BLGIM5>
6. Технологические правила производства бетонных работ при возведении ГТС. – URL : <http://hydrotechnics.ru/beton/bet3.html>

References

1. Zavrotynskaya V.V., Tkhozeplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern methods of accelerating the strength gain of concrete // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 641–649.
2. Modern technologies for accelerating the curing of concrete / E.A. Langner [et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – № 5. – P. 36.
3. Kirichenko V.A., Shikhovtsov A.A., Mitin A.B. Economic and technological aspects of the use of polystyrene concrete // In the collection: Economics and Entrepreneurship. – 2017. – 1204 p.
4. Komissarov A.N., Shikhovtsov A.A. Development of resource-saving technologies in construction // In the collection: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University», Institute of Construction and Transport Infrastructure; FGBOU VO «KubGTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 133–136.
5. VSN 31-83 / Ministry of Energy of the USSR Rules for the production of concrete work during the construction of hydraulic structures. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200030841/titles/BLGIM5>
6. Technological rules for the production of concrete work during the construction of hydraulic structures. – URL : <http://hydrotechnics.ru/beton/bet3.html>

УДК 621.32

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANTS

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Стрельникова Алина Сергеевна

студентка группы 20 СУС 2,
институт строительства и транспортной инфраструктуры,
Кубанский государственный технологический университет
strelnikova_alina3579@mail.ru

Аннотация. В статье представлен обзор общих процессов и механизмов фотоэлектрических солнечных электростанций (СЭС), ее виды, затронута актуальность данного способа преобразования энергии, дана его оценка по экологическим и экономическим характеристикам.

Ключевые слова: солнечная электростанция, солнечная энергетика, фотобатареи, параболические концентраторы.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of
Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Strelnikova Alina Sergeevna

Student of group 20 SUS 2,
Institute of Construction and
Transport Infrastructure,
Kuban State Technological University
strelnikova_alina3579@mail.ru

Annotation. The article presents an overview of the general processes and mechanisms of photovoltaic solar power plants (SES), its types, the relevance of this method of energy conversion is touched upon, its assessment by environmental and economic characteristics is given.

Keywords: solar power plant, solar energy, photo batteries, parabolic concentrators.

Развитие альтернативного способа добычи энергии всегда было и будет актуально. Необходимо использовать такой вид энергетике, который позволил бы увеличить генерацию электроэнергии и обеспечить экологическую чистоту региона. При этом важно учитывать конкурентоспособность и экономическую эффективность электромеханических преобразователей энергии, как и любых технических устройств, которые выражаются интегральным критерием цена/качество. На мой взгляд, такую задачу можно решить посредством внедрения преобразователей солнечного излучения в электрическую или тепловую энергию. Для того, чтобы дать точную оценку данного вида энергетике, рассмотрим общие процессы, на основе которых происходит преобразование энергии. Как и было затронуто выше, отдельное внимание стоит уделить месту фотоэлектрических солнечных станции на рынке, а также рассмотреть возможные экологические угрозы.

Солнечная электростанция (СЭС) – инженерное сооружение, преобразующее солнечную радиацию в электрическую энергию. Способы преобразования солнечной радиации различны и зависят от конструкции электростанции [1].

Солнечная энергетика – направление нетрадиционной энергетике, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнечная энергетика использует неисчерпаемый источник энергии и является экологически чистой, то есть не производящей вредных отходов. Производство энергии с помощью солнечных электростанций хорошо согласовывается с концепцией распределённого производства энергии [2].

Типы солнечных электростанций:

- СЭС башенного типа;
- СЭС тарельчатого типа;
- СЭС, использующие фотоэлектрические модули (фотобатареи);
- СЭС, использующие параболические концентраторы;
- Комбинированные СЭС.

Рассмотрим самые распространенные из них.

1. СЭС башенного типа – базируются на принципе извлечения водяного пара с использованием солнечной радиации.

В центре станции стоит башня высотой 18–24 метров (в связи от мощности и других параметров подъем может быть выше либо ниже), на вершине которой располагается резервуар с водой. Этот бак покрашен в черный цвет для поглощения солнечного излучения. Еще в этой вышке располагается насосная группа, доставляющая пар на турбогенератор, который находится вне башни. Кругом от башни на некотором расстоянии находятся гелиостаты.

Гелиостат – зеркало площадью в несколько м², прикрепленное на опоре и подключенное к общей системе позиционирования. В зависимости от положения солнца, зеркало будет изменять свою ориентацию в пространстве.

Ключевая и самая трудная проблема – это позиционирование всех зеркал станции так, чтобы в любой момент времени все отраженные лучи от них попали на резервуар.

В ясную солнечную погоду температура в резервуаре может достигать 700 °С. Такие температурные нормы используются на большинстве традиционных тепловых электростанций (ТЭС), поэтому для извлечения энергии используются стандартные турбины. Фактически на таких СЭС можно приобрести относительно внушительное КПД (около 20 %) и высокие мощности.

2. СЭС тарельчатого типа – применяет принцип извлечения электроэнергии, похожий с Башенных СЭС, но есть различия в установке самой станции.

Станция состоит из отдельных модулей. Модуль состоит из опоры, на которую крепится механизм приемника и отражателя. Приемник располагается на некотором расстоянии от отражателя, и в нем собираются отраженные лучи солнца. Отражатель включает в себя зеркала в форме тарелок (отсюда название), радиально расположенных на ферме.

Диаметры этих зеркал обычно 2 метра, а число зеркал – несколько десятков метров (зависит от мощности модуля). Станции могут быть из 1 модуля (автономные) или из нескольких десятков (работа параллельно с сетью).

3. СЭС, применяющие фотобатареи, сейчас очень востребованы, потому что зачастую СЭС состоит из большого числа отдельных фотобатарей различной мощности и выходных параметров. Данные СЭС распространены в целях энергообеспечения как малых, так и крупных объектов (частные коттеджи, пансионаты, санатории, промышленные здания и т.д.).

Использоваться фотобатареи могут почти везде, начиная от кровли и фасада здания и заканчивая специально выделенными территориями. Установленные мощности тоже колеблются в широком диапазоне, начиная от снабжения отдельных насосов, заканчивая электроснабжением небольшого поселка.

4. СЭС, применяющие параболические концентраторы, нагревают теплоносителя до норм, пригодных к использованию в турбогенераторе.

Механизм СЭС: на специальные фермы устанавливается параболическое зеркало большой длины, а в фокусе параболы крепится трубка, по которой передвигается теплоноситель (чаще всего масло). Пройдя весь путь, теплоноситель разогревается и в теплообменных аппаратах отдает теплоту воде, которая переходит в пар и поступает на турбогенератор.

5. Комбинированные СЭС – дополнительно имеют теплообменные аппараты для получения горячей воды, которая применяется как для технических нужд, так и для горячего водоснабжения и отопления.

Сейчас строятся солнечные электростанции зачастую двух видов: солнечные электростанции (СЭС) башенного типа и солнечные электростанции (СЭС) распределенного (модульного) типа. Ключевым минусом башенных солнечных электростанций являются их большая стоимость и занимаемая площадь. Так, для установки солнечных электростанций мощностью 100 МВт необходима площадь в 200 га, а для АЭС мощностью 1000 МВт – всего 50 га. Башенные СЭС мощностью до 10 МВт нерентабельны, их оптимальная мощность равна 100 МВт, а высота башни 250 м [3].

Однако на 2017 г. Минэнерго РФ выяснило, что цена 1 кВт установленной мощности СЭС будет компенсироваться инвесторам будет компенсироваться инвестиции в :

- солнечную энергетику, исходя из цены 109,5 тыс. руб/кВт выявленной мощности,
- ветровую – 103 тыс. руб/кВт,
- гидроэнергетику – 163 тыс. руб/кВт.

Необходимо при этом учитывать коэффициенты использования установленной мощности (КИУМ) в РФ:

- солнечный – до 10 %;
- ветровой – до 20 %;
- гидроэнергетика – до 40 %.

То есть ГЭС будет давать в 4 раза больше энергии, чем СЭС такой же мощности.

Вывод. Из сказанного выше следует вывод о перспективности фотоэлектрической солнечной энергетики. Солнечное излучение является практически неисчерпаемым источником энергии, оно поступает во все уголки Земли, находится «под рукой» у любого потребителя и является экологически чистым доступным источником энергии. Недостатком солнечного излучения как источника энергии является неравномерность его поступления на земную поверхность, определяемая суточной и сезонной цикличностью, а также погодными условиями. Поэтому весьма важной является проблема аккумулирования электроэнергии, вырабатываемой с помощью солнечных энергоустановок. В настоящее время эта проблема решается в основном путем использования обычных химических накопителей – аккумуляторов. Крупномасштабное развитие фотоэлектрики даст огромный толчок развитию районов Земли с высоким среднегодовым поступлением солнечного излучения. Это касается в первую очередь пустынных и засушливых районов, которые с «приходом» солнечной электроэнергии станут районами, пригодными для активного земледелия – житницами Земли. Значит ли это, что усилия специалистов надо сосредоточить только на разработке фотоэлектрических преобразователей и решении непосредственно связанных с ними проблем? Конечно, нет. Нельзя развивать какое-то одно направление за счет подавления других направлений. Это же касается и электроэнергетики: ее нельзя строить, базирясь только на одном виде ресурсов. Она должна основываться на многих источниках: солнечных, ветровых, атомных и, конечно, на традиционных, ископаемых источниках. Это позволит найти оптимальные пути их взаимодействия, постепенно переходя к совершенной, экологически чистой и надежной энергетике будущего.

Литература

1. Википедия. Свободная энциклопедия. – URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Gigavat.com. Всё об электростанциях. – URL : <http://www.gigavat.com/ses.php>
3. Neftegaz.RU. – URL : <https://neftegaz.ru/tech-library/elektrostantsii/141701-solnechnaya-elektrostantsiya/>

References

1. Wikipedia. Free Encyclopedia. – URL : <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Gigavat.com. All about power plants. – URL : <http://www.gigavat.com/ses.php>
3. Neftegaz.RU. – URL : <https://neftegaz.ru/tech-library/elektrostantsii/141701-solnechnaya-elektrostantsiya/>

УДК 621.32

**РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ОБОРУДОВАНИЯ
ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ ГАЗА**



**DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL INSTALLATION
FOR HYDRONAMIC CLEANING OF EQUIPMENT
FOR GAS TRANSPORTATION AND STORAGE FACILITIES**

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Григорьян Ангелина Марковна

студентка группы 21-НБ-НД4
институт нефти газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
lina.shay@mail.ru

Аннотация. Разработана универсальная установка для эффективной очистки устройств подготовки газа, применяемая для очистки широкого спектра отложений с многокомпонентными составами, позволяющая проводить очистку устройств подготовки газа гидродинамическим высоконапорным методом. На основании проведенного технологического расчета и анализа была разработана установка для гидродинамической очистки оборудования и разработан комплект сменных титановых гидродинамических генераторов кавитации, сочетающих в себе эрозионный эффект гидродинамической струйной очистки и кавитационного разрушения. Внедрение разработанной установки позволило обеспечить качественную очистку сложных фигурных поверхностей от различных отложений, восстановить паспортное сопротивление оборудования, сократить время проведения ремонтных работ до 3–8 раз.

Ключевые слова: подготовка газа, отложения, гидродинамический высоконапорный метод, комплект сменных гидродинамических насадок, кавитационное разрушение.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior lecturer of the Department of
Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Grigoryan Angelina Markovna

Student of group 21-NB-ND4
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
lina.shay@mail.ru

Annotation. A universal unit for efficient cleaning of gas treatment devices has been developed, which is used to clean a wide range of deposits with multi component compositions, which makes it possible to clean gas treatment devices by a hydrodynamic high-pressure method. On the basis of the performed technological calculation and analysis, an installation for hydrodynamic cleaning of equipment was developed and a set of replaceable titanium hydrodynamic cavitation generators was developed, combining the erosion effect of hydrodynamic jet cleaning and cavitation destruction. The introduction of the developed installation made it possible to ensure high-quality cleaning of complex curly surfaces from various deposits, restore the passport resistance of the equipment, and reduce the time for repair work up to 3–8 times.

Keywords: gas treatment, sediments, hydrodynamic high-pressure method, a set of replaceable hydrodynamic nozzles, cavitation destruction

В настоящее время развитие газодобывающей промышленности связано с эксплуатацией и сооружением крупных подземных хранилищ газа, строительством мощных магистральных газопроводов и компрессорных станций.

Так как газ, извлеченный из пласта, содержит в себе капельную жидкость и различные механические частицы, то перед подачей газа в магистральные газопроводы его необходимо подготовить.

В процессе очистки газа, в установках подготовки происходит постоянное накопление и отложение на стенках технологического оборудования тяжелых углеводородов, пирофорных соединений различной плотности.

Целью работы является разработка универсальной установки для эффективной очистки устройств подготовки газа.

Предлагается для очистки широкого спектра отложений с многокомпонентными составами проводить очистку устройств подготовки газа гидродинамическим высоконапорным методом.

На основании проведенного технологического расчета и анализа была разрабо-

тана установка для гидродинамической очистки оборудования и подобран весь комплект оборудования, специально спроектирован и разработан комплект сменных гидродинамических насадок и кавитаторов.

Для эффективной очистки был спроектирован и разработан комплект сменных титановых гидродинамических генераторов кавитации (насадки), сочетающих эрозионный эффект гидродинамической струйной очистки и кавитационного разрушения.

На рисунке 1 показан роторный гидродинамический распределитель с установленными насадками, предназначенный для очистки внутренних поверхностей труб, циклонов и т.п.

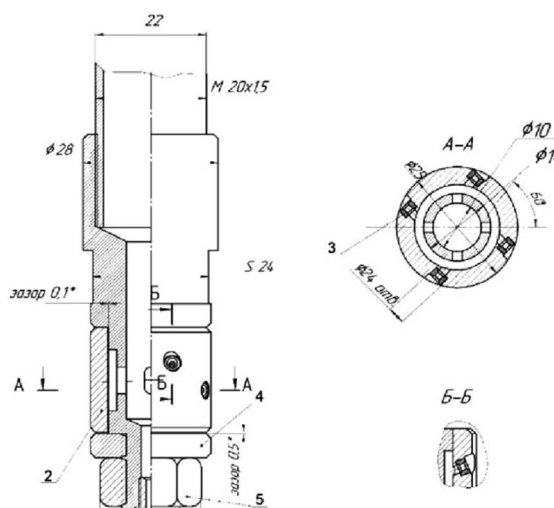


Рисунок 1 – Гидродинамический распределитель:

1 – корпус; 2 – золотник; 3 – кавитатор; 4 – опора; 5 – гайка; 6 – осевой насадок

Технология гидродинамической высоконапорной очистки апробирована в филиале ООО «Газпром трансгаз Краснодар» «Краснодарское ЛПУМГ», в филиалах ООО «Газпром ПХГ» «Краснодарское УПХГ» и «Куцеевское УПХГ».

Внедрение разработок позволило обеспечить качественную очистку сложных фигурных поверхностей, восстановить паспортное (номинальное) сопротивление оборудования, сократить время проведения ремонтных работ до 3–8 раз.

Были проведены расчеты, подтверждающие экономическую эффективность применения гидродинамической установки. Планируемый экономический эффект от внедрения составляет 6,4 млн руб. в год.

Литература

1. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М. : Наука, 1984. – 700 с.
2. Балтаханов А.М., Иванов Е.Н. Электрогидроимпульсная технология очистки пылеуловителей от отложений // Газовая промышленность. – 2007. – С. 41–42.
3. Начальник отдела нефтехимического оборудования ООО «РИФ-Терминал» кандидат химических наук А.Е. УС // Гидродинамическая очистка технологического оборудования. – URL : <https://www.m.eprussia.ru/epr/52/2277.htm>

References

1. Abramovich G.N. Theory of turbulent jets. – M. : Nauka, 1984. – 700 p.
2. Baltakhanov A.M., Ivanov E.N. Electrohydroimpulse technology of cleaning dust collectors from deposits // Gas industry. – 2007. – P. 41–42.
3. Head of the Petrochemical Equipment Department of RIF-Terminal LLC, Candidate of Chemical Sciences A.E. US // Hydrodynamic cleaning of technological equipment. – URL : <https://www.m.epr>

УДК 691

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА БЕТОННОЙ СМЕСИ



SELECTION OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF THE CONCRETE MIX

Романова Анна Сергеевна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
any30082002@mail.ru

Петренко Дарья Алексеевна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
petrenko.dd.d@gmail.com

Аннотация. В статье излагается понятие бетонной смеси и ее составляющих, говорится о разном составе бетона из-за добавления в него различных добавок.

Ключевые слова: бетонная смесь, бетон, добавки, удобоукладываемость, затвердевание, уплотнение, оптимальный состав, раствор, заполнитель, вяжущее, схватывание.

Romanova Anna Sergeevna

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
any30082002@mail.ru

Petrenko Daria Alekseevna

student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
petrenko.dd.d@gmail.com

Annotation. The article describes the concept of a concrete mixture and its components, talks about the different composition of concrete due to the addition of various additives to it.

Keywords: concrete mix, concrete, additives, workability, hardening, compaction, composition, solution, aggregate, binder, setting.

Бетонная смесь – это однородная, перемешанная и пригодная к применению смесь, которая состоит из вяжущего, заполнителей и воды. В эту смесь могут добавляться или же не добавляться минеральные, химические добавки. Бетонная смесь после определенных процессов, таких как твердение, уплотнение и схватывание, превращается в бетон.

Бетон имеет множество применений, начиная от столбов забора и заканчивая основаниями автомагистралей. Из-за такого количества применений существуют различные соотношения бетонных смесей и добавок, что приводит к различной прочности бетона. Постараемся выяснить, каков же оптимальный состав бетонной смеси. Для начала разберемся, какие все-таки виды добавок существуют и для чего же они конкретно нужны.

Добавки в бетон улучшают свойства бетона для применения в строительстве с особыми требованиями. Добавки в бетон используются для достижения желаемой удобоукладываемости в случае низкого водоцементного отношения, а также для увеличения времени схватывания бетона при транспортировке бетона на большие расстояния. Поэтому инженеру-строителю очень важно знать типы добавок (добавок) и их свойства для лучшего выбора и применения в бетонных работах.

Добавки используются для изменения свойств бетона или раствора, чтобы сделать их более подходящими для выполняемой работы, для экономии или для других целей, например, для экономии энергии. Некоторые из важных целей, для которых используются добавки:

- 1) Изменение свойства свежего бетона, раствора и затирки;
- 2) Изменение свойств свежего бетона, раствора и затирки.

Добавки в бетон обычно используют, когда необходимые свойства не могут быть получены путем варьирования состава основного материала и для более экономического получения желаемых эффектов.

Существует определенная классификация добавок, в которую входят ускоряющие, замедляющие, регулирующие, воздухововлекающие добавки, а также добавки для текучего бетона и другие.

Добавки в бетон следует тщательно выбирать в соответствии со спецификациями и использовать в соответствии с рекомендациями производителя или отчетом о лабораторных испытаниях. Количество добавок, которое необходимо использовать

для конкретного применения, рекомендовано производителями. Для использования в крупных строительных проектах количество добавки, которая будет использоваться, должно быть получено из отчетов об испытаниях бетона, смешанного с добавками при использовании различных процентных соотношений. Эти испытания проводятся для понимания поведения добавок в отношении желаемого качества и прочности бетона при различном количестве их использования. Таким образом, оптимальное количество добавок может быть выбрано для конкретного применения на основе результатов. Выбор конкретных добавок для использования в бетоне для изменения свойств бетона следует тщательно выбирать в соответствии с требованиями бетонных работ [1]. Добавки в бетон следует использовать разумно в соответствии со спецификацией и методом нанесения, чтобы избежать неблагоприятного воздействия на свойства бетона в свежем и затвердевшем состоянии.

При строительных работах возникает проблемы с правильным подбором оптимального состава бетонной смеси. Для создания качественного бетона, который имеет заданные свойства, нужно определить правильный подбор его компонентов. Выявление номинального состава смеси производят в бетонных лабораториях, где учитывают: качество мелкого заполнителя (песка), оптимальную марку нужного цемента, необходимость добавления в бетон модификаторов и их свойств, а также свойств крупного наполнителя, например, гравия и щебня из конкретно добывающего карьера [4].

Для бетонной смеси создается раствор, который может быть изготовлен как в заводских условиях, компьютерным способом, так и самостоятельно на строительной площадке. Такой метод называется полевым.

Подбор состава бетонной смеси производится с целью получения смеси с заданными свойствами, обеспечивающими необходимую прочность бетона в требуемые сроки при минимально возможном содержании цемента в 1 м^3 объема, а также в отдельных случаях определенную водонепроницаемость, стойкость против коррозии и т.д. Подбор состава осуществляется с учетом режимов приготовления, уплотнения смеси при формовании и условий твердения отформованных изделий [3].

Наиболее простым и удобным методом определения состава обычного бетона является метод расчета по абсолютным объемам. Расчет и подбор бетона после испытания сырьевых материалов ведут в следующей последовательности:

- 1) определение оптимального водосодержания, обеспечивающего требуемые показатели удобоукладываемости смеси, и цементно-водного отношения;
- 2) установление расхода цемента на 1 м^3 смеси, обеспечивающего требуемую прочность бетона в заданный срок при определенных режимах уплотнения и твердения;
- 3) определение расхода заполнителей на 1 м^3 уложенной и уплотненной смеси, выбор рационального зернового состава заполнителей и соотношения между ними;
- 4) уточнение опытного состава смеси и расчет производственного состава [2].

Таким образом, можно сделать вывод, что в зависимости от того, насколько грамотно будут подобраны компоненты бетонного раствора, настолько будет успешным строительство. Также от грамотности подбора и включения в бетонную смесь различных добавок зависят многие характеристики полученной конструкции. Можно предположить, что нет определенного оптимального состава бетонной смеси, подходящего для любых целей, так как существует различное количество добавок, примесей и наполнителей. Для какого-то данного строительства нужна своя определенная бетонная смесь с конкретной добавкой.

Литература

1. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.
2. Комиссаров А.Н., Шиховцов А.А. Развитие ресурсосберегающих технологий в строительстве // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 133–136.

3. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы : учебно-справочное пособие. – 2007.
4. Завротынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные способы ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.

References

1. Modern technologies for accelerating concrete strength gain / E.A. Langner [et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – № 5. – P. 36.
2. Komissarov A.N., Shikhovtsov A.A. Development of resource-saving technologies in construction // In the collection: Environmental, engineering and economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. FSBEI HE «Kuban State Technological University», Institute of Construction and Transport Infrastructure; FSBEI HE «KubSTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 133–136.
3. Castornyh L.I. Concrete and mortar additives. Study guide. 2007.
4. Zavrotynskaya V.V., Tkhazeplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern methods of accelerating concrete strength gain // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 641–649.

ПОДБОР БЕТОННОЙ СМЕСИ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ



SELECTION OF CONCRETE MIX FOR HYDRAULIC STRUCTURES

Романова Анна Сергеевна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
any30082002@mail.ru

Петренко Дарья Алексеевна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
petrenko.dd.d@gmail.com

Аннотация. В статье представлены данные о подборе бетонной смеси гидротехнических сооружений, правильном составе бетонной смеси, а также о факторах, влияющих на создание гидротехнического бетона.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, гидротехнический бетон, бетонная смесь, морозостойкость, добавки, цемент, заполнитель, вода, устойчивость, затвердевание, водонепроницаемость

Romanova Anna Sergeevna

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
any30082002@mail.ru

Petrenko Daria Alekseevna

student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
petrenko.dd.d@gmail.com

Annotation. The article presents data on the selection of a concrete mixture of hydraulic structures, the correct composition of the concrete mixture, as well as on the factors affecting the creation of hydraulic concrete

Keywords: hydraulic structures, hydraulic concrete, concrete mixture, frost resistance, additives, cement, aggregate, water, stability, hardening, water resistance

Гидротехнические сооружения (ГТС) – это сооружения, погруженные или частично погруженные в любой водоем, которые нарушают естественный поток воды. Они могут быть использованы для отвлечения, нарушения или полной остановки потока. Примером гидротехнического сооружения может быть плотина, которая замедляет нормальный расход реки для питания турбин. Гидротехническое сооружение может быть построено в реках, море или любом водоеме, где есть необходимость в изменении естественного стока воды. Исходя из вышесказанного понятия, назревает вопрос, как же построить такое гидротехническое сооружение, которое при постоянном контакте с водой, не будет терпеть крупных деформаций и разрушений.

Существует специальный гидротехнический бетон. Это такой строительный материал, используемый для сооружения конструкций, который используется в постоянных или периодических условиях контакта с водой. Прежде всего, он должен обладать высокой водонепроницаемостью, морозостойкостью, прочностью и устойчивостью к вымыванию гидроксида кальция из бетонного камня [1]. Обычно гидротехнический бетон применяется к строительству шлюзов, насосных станций, дамб, подземных хранилищ и подвальных помещений.

Гидротехнический бетон делится на следующие виды: подводный, периодически контактирующий с водой и наземный. Первый вид характеризуется тем, что части его конструкции постоянно находятся в контакте с водой. Второй вид описывается тем, что бетон находится над водой, но периодически омывается ею.

Для создания гидротехнического бетона важно правильно подобрать состав бетонной смеси, в котором на первое место встает достижение высокой влажостойкости бетона. Эту характеристику можно повысить несколькими способами, например, правильный подбор крупных и мелких заполнителей, добавок и цементов. Основная задача у всех этих методов – получить материал, который будет иметь минимум пустот, по которым обычно передвигается влага.

Существуют применяемые цементы, в которые входят пластифицированные, гидрофобные, пуццолановые виды. Такие цементы отличаются высокой морозостойкостью, водонепроницаемостью, водоотталкивающими свойствами и устойчивостью к жесткой воде соответственно. Для гидротехнического бетона также допускается применение портландцемента и шлакового, а в некоторых случаях сульфатостойкого цемента [2].

Пуццолановый цемент характеризуется большей физической и химической стойкостью при действии на бетон природных вод, как пресных, так и минерализованных, малым тепловыделением при твердении, большей плотностью цементного камня, а следовательно, и бетонная смесь (данного состава и подвижности) отличается меньшей склонностью к водоотделению. Однако существенным недостатком бетонов на пуццолановых цементах является их меньшая морозостойкость.

В суровых климатических условиях для зоны сооружений на уровне переменного горизонта воды используют пластифицированный или обычный портландцемент, что позволяет получать водонепроницаемые и морозостойкий бетоны, а также несколько уменьшить (на 8 ... 10 %) расход цемента и тепловыделение бетона при твердении. Для особо тяжелых условий при наличии агрессивной воды, применяют сульфатостойкий цемент. Далее важным фактором являются заполнители и добавки. Оптимальный вариант мелко-го заполнителя – промытый кварцевый песок. Крупный заполнитель – щебень с высокими техническими характеристиками. К ряду добавок можно отнести уплотняющие, пластифицирующие, гидрофобизирующие и набухающие. Они повышают пластичность бетонной смеси, создают эффект «жидкого стекла» и др.

Существуют рекомендации для выбора оптимального состава бетонной смеси для гидротехнических сооружений. Важно назначить требования к составу бетона, используя нормы ГОСТ и СП, далее провести зонирование объекта и посчитать объемы каждой из зон конструкций. Это нужно для того, чтобы правильно рассчитать и добавить пропорции в состав бетонной смеси [3]. Необходимо назначить физико-механические и технологические требования к составу бетонов для гидротехнических сооружений, а именно, класс по минимальной прочности на сжатие, морозостойкости, водонепроницаемости, минимальному расходу цемента, содержанию воздуха, соотношению воды к цементу в бетонной смеси. Также влияющим фактором к минимально требуемым составам бетонов являются климатические условия зоны эксплуатации для гидротехнического сооружения [4]. Из всех влияющих факторов воздействия на используемый бетон для гидротехнического сооружения, необходимо выбрать минимально допустимые классы бетонов по действующим СП, ГОСТ и т.п.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что гидравлический цемент – это продукт, который используется для предотвращения попадания воды и просачиваний в бетонные и каменные конструкции. Это тип цемента, похожий на раствор, который становится чрезвычайно острым и твердым после смешивания с водой. Как правило, некоторые химические реакции происходят в смеси воды и сухого гидравлического цемента. Важно понимать и правильно подобрать нужный состав для создания гидравлической бетонной смеси, ведь от этого зависит, насколько долго сможет простоять то или иное гидротехническое сооружение и способно ли оно противодействовать напору воды.

Литература

1. Завротынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные способы ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.
2. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.
3. Кириченко В.А., Шиховцов А.А., Митин А.Б. Экономико-технологические аспекты применения полистиролбетона // В сборнике: Экономика и предпринимательство. – 2017. – 1204 с.
4. Судаков В.Б., Толкачев Л.А. Современные методы бетонирования высоких плотин. – М. : Энергоатомиздат, 1988.

References

1. Zavrotynskaya V.V., Tkhaseplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern methods of accelerating concrete strength gain // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 641–649.
2. Modern technologies for accelerating concrete strength gain / Langner E.A.[et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – № 5. – P. 36.
3. Kirichenko V.A., Shikhovtsov A.A., Mitin A.B. Economic and technological aspects of the use of polystyrene concrete // In the collection: Economics and Entrepreneurship. – 2017. – 1204 p.
4. Sudakov V.B., Tolkachev L.A. Modern methods of concreting high dams. – M. : Energoatomizdat, 1988.

УДК 69.059.3

ТЕХНОЛОГИЯ УКРЕПЛЕНИЯ КИРПИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ИНЪЕЦИРОВАНИЯ



TECHNOLOGY OF STRENGTHENING BRICK STRUCTURES BY INJECTION

Савченко Владислав Геннадьевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
savchenko.vladik@bk.ru

Savchenko Vladislav Gennadievich
Student,
Kuban State Technological University
savchenko.vladik@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности и преимущества применения метода инъектирования, приводятся варианты растворов для инъектирования, приведена технология применения метода инъектирования.

Annotation. The article discusses the features and advantages of using the method, the injection method is given, variants of solutions for injection are given, technologies for using the injection method are involved.

Ключевые слова: инъектирование, преимущество метода, минусы метода инъектирования, задача метода инъектирования, технология метода инъектирования.

Keywords: injection, the advantage of the method, the disadvantages of the injection method, the task of the injection method, injection technology.

Инъектирование – современный метод возвращения прочности бетонной, каменной конструкции, укрепления кирпичной кладки, а также способ гидроизоляции швов. Из всех способов укрепления кирпичных конструкций инъектирование признано самым эффективным, помимо восстановления целостности и устранения пустот оно позволяет продлить их срок службы и увеличивает прочность на 15–20 % как минимум. Данные работы требуют обязательной оценки состояния кладки и доверяются специалистам, цена услуг и материалов считается высокой, максимальный эффект достигается при реконструкции объектов с трудным доступом к поврежденным или ослабленным участкам.

Преимущества метода инжецирования в сравнении с традиционными способами усиления:

- Высокая надежность. Готовый гидробарьер устойчив к химически агрессивным веществам, не поддается воздействию грибка и плесени, долгое время сохраняет эластичность. Способность растворов заделывать даже большие трещины, участки расслоения конструкций;
- Создание монолитного слоя без швов, стыков;
- Экологичность. Материалы не взаимодействуют с окружающей средой, не выделяют токсинов. Высокая скорость проведения ремонтных и восстановительных работ.
- Реконструкция зданий без отрыва от эксплуатации.
- Возможен ремонт кирпичной кладки при отсутствии наружного доступа к конструкции (противофильтрационная завеса).
- Ремонтные работы практически не зависят от погодных условий.

К минусам метода инжецирования относят затратность, как по причине дороговизны материалов, так и необходимости выполнения работ профессионалами. Необходимы специальные инъекционные насосы и навыки выполнения подобных работ. Подбором подходящего состава должен заниматься квалифицированный инженер, который способен объективно оценить состояние конструкций, нагрузки, особенности грунтов. Самостоятельное проведение инжецирования трещин в кирпичной кладке без соответствующего опыта приводит к необратимым последствиям: от перерасхода смесей до разрушений в ходе бурения.

Основной задачей этой технологии является заполнение пустот и трещин в кладке из кирпича с целью ее укрепления, склеивания и защиты от влаги, коррозии и внешних воздействий.

Для инъектирования кирпичной кладки применяются следующие составы:

- метилакрилатные гели. Обладают отличной адгезией и текучестью, хорошо проникают даже в самые труднодоступные места. Но используются только в начале деформации и разрушения кладки. В случае серьёзных проблем помочь не смогут;
- микроцементные смеси. Экологически чистые, прочные, могут использоваться даже в случае сложного ремонта самого нижнего ряда кирпичей. Однако застывают достаточно долго;
- полиуретановые смолы. Обладают высокой текучестью, хорошо заполняют трещины, решают задачу гидроизоляции кладки. Бывают однокомпонентными и двухкомпонентными. Недостатков такие составы практически не имеют и способны справляться с самыми разными проблемами с кладкой;
- эпоксидные смолы. Буквально склеивают шаткие конструкции, усиливают всю стену. Прочные, не дают усадку, но стоят дорого и застывают достаточно долго;
- силикатные смолы. Созданы на основе жидкого стекла, прочные, не дают усадки, стоят недорого. Особых недостатков нет. Зачастую силикатные смолы применяют вместе с микроцементными составами.

Данные растворы равномерно распределяются в пустотах и микротрещинах, выгоняя весь воздух, восстанавливают целостность и несущие параметры конструкций, образуют твердую структуру по окончании процесса полимеризации делают их практически водонепроницаемыми. Потребность в таком укреплении кладки возникает при ее разрушении под действием ультрафиолета, перепадов температур, избыточной влажности. Также к этому способу прибегают при устранении последствий осадки здания или нарушений технологии строительства. Визуальным признаком дефектов, требующих незамедлительного принятия мер, является образование микротрещин и их расширение свыше 8 мм, точную оценку состояния конструкций дает только специалист. Метод считается затратным, целесообразность его применения должна быть обоснована.

Технология метода инъектирования по усилению кирпичной кладки проводится при обычных нагрузках на конструкцию, начинать их рекомендуют утром, когда поверхности не являются перегретыми или промерзшими. В ходе инъектирования придерживаются следующей последовательности действий:

1. Поверхности и швы кирпичных стен в нужных местах очищаются от старых материалов, включая какие-либо промежуточные слои, остатки вяжущего (цемента или извести) удаляются путем шлифовки или пескоструйной обработки. Места стыков рядов и блоков углубляются на 50–100 мм, оптимальным способом расшивки считается зачистка под ласточкин хвост.

2. По всей длине трещины или участка размечаются точки для будущих инъекций с шагом от 15 до 40 см, точное значение зависит от состояния и толщины стен. На этом этапе учитывается, что просверливаемый канал должен пересекать трещину или проблемную зону сверху вниз с наклоном не менее 10° , оптимальным диапазоном считается $40\text{--}60^\circ$.

3. Каналы бурятся на глубину не более $2/3$ от толщины конструкции и продуваются сжатым воздухом с целью очистки от пыли. По окончании этого действия в них аккуратно размещаются паркеры-инъекторы, подающие смесь внутрь.

4. Каналы бурятся на глубину не более $2/3$ от толщины конструкции и продуваются сжатым воздухом с целью очистки от пыли. По окончании этого действия в них аккуратно размещаются паркеры-инъекторы, подающие смесь внутрь. Схема этапа работы показана на рисунке 1.

5. Каналы и полости равномерно увлажняются водой с целью улучшения качества сцепления раствора с кирпичом, достижения однородного распределения и сокращения его расхода.

6. Смесь подготавливается исходя из требований инструкции, при необходимости ее часть наносится на участки каналов с паркерами с целью их полного закрытия, но на практике обычно хватает пленки-самоклейки.

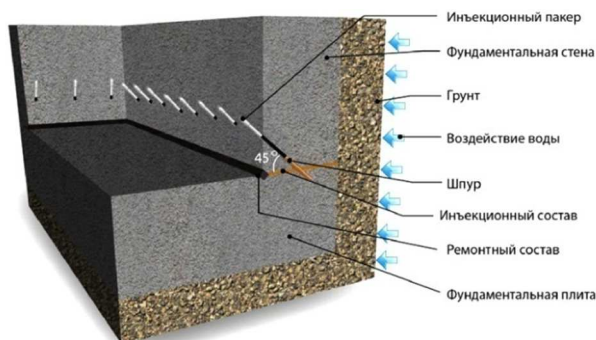


Рисунок 1 – Инъектирование шва примыкания «стена-пол» с применением инъекционных материалов

7. После проверки надежности размещения и герметичности всех отверстий начинается главный этап инъекционной гидроизоляции – подача под давлением внутрь полостей. По умолчанию оно составляет 1–2 атм, точное значение подбирается исходя из вида раствора, верхний предел рассчитывается по формуле:

$$P = 10 \cdot \frac{B}{3}, \quad (1)$$

где B – класс прочности кирпича или бетона. В первую очередь заполняются нижние полости, в ходе работ с помощью дополнительных трубок отслеживается равномерность распределения в пустотах.

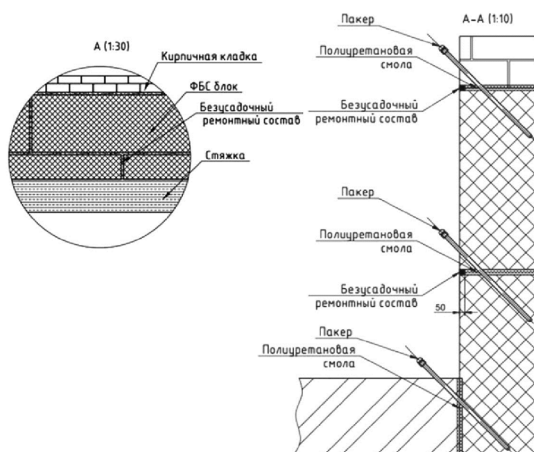


Рисунок 2 – Схема гидроизоляции подвала из фундаментных блоков методом инъектирования полиуретановыми смолами

Пленка снимается, паркеры осторожно вынимаются из стен, по окончании застывания все места установки зачищаются и замазываются цементно-полимерным или специальным ремонтным составом.

Изложенные особенности порядка проведения инъекционной изоляции пригодятся для выполнения специализированных работ по защите от напорных вод и осадков.

Таким образом, метод инъекционной гидроизоляции обладает особенной широтой по применению при строительных и ремонтных работах. Благодаря ее использованию происходит качественная и очень быстрая гидроизоляция швов, противокapиллярная защита фундамента и стен, а также ремонтируются трещины напорным течением. Работы могут вестись и при сухом, и при влажном строении. Такая работа и материалы для нее недешевые, поэтому и область применения ограничена в основном крупными строениями.

Инъектирование можно назвать панацеей от всех возможных негативных влияний капризной природы. Это самый эффективный способ сделать конструкцию влаго-непроницаемой, долговечной и особо прочной. Вот почему именно такая гидрозащита способствует качеству вашего строения на долгие годы.

Литература

1. Рекомендации по повышению качества каменной кладки и стыков крупнопанельных зданий инъекцированием под давлением / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1987. – 22 с.
2. Рекомендации по усилению каменных конструкций зданий и сооружений / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1984. – 36 с.
3. Технология инъекционного укрепления каменных кладок памятников архитектуры. Методические рекомендации // Проектный институт по реставрации памятников истории и культуры «Спецпроектреставрация» Всесоюзного специализированного производственного объединения «Союзреставрация». – М., 1991. – 40 с.
4. 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.
5. Воронина В.П. Прочность и деформативность кирпичной кладки и стыков крупнопанельных зданий, инъекцированных цементными растворами : диссертация. – М., 1986.
6. 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 «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 13–16.
7. Ханов Н.М. Прочность и деформативность кирпичной кладки при местном сжатии с учетом ее инъекцирования модифицированными полимерными композициями : диссертация.– М., 1993. – 152 с.
8. 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.
9. Дубровская Л.В. Автореферат диссертации «Прочность и деформативность кирпичной кладки памятников архитектуры Казахстана и разработка методов ее усиления». – М., 2004. – 25 с.

References

1. Recommendations for improving the quality of masonry and joints of large-panel buildings by injection under pressure / V.A. Kucherenko TSNIISK.– М. : Stroyizdat, 1987. – 22 p.
2. Recommendations for strengthening stone structures of buildings and structures / V.A. Kucherenko TSNIISK. – М. : Stroyizdat, 1984. – 36 p.
3. Technology of injection strengthening of masonry monuments of architecture. Methodological recommendations // Design Institute for the restoration of historical and cultural monuments «Special project restoration» of the All-Union specialized Production Association «Soyuzrestavratsiya». – М., 1991. – 40 p.
4. Khuazhev S.R., Leonova A.N. Modern ways 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 edition: V.I. Orobinsky, V.G. Kozlov. – 2016. – P. 24–26.
5. Voronina V.P. Strength and deformability of brickwork and joints of large-panel buildings injected with cement mortars: thesis. – М., 1986.
6. White D.A., Leonov A.N. Ways of strengthening the shallow foundations // The collection of articles of International scientific-practical conference: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development and construction of transport infrastructure / FSBEI he «Kuban state University»; the international center for innovative research, «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 13–16.
7. Khanov N.M. Strength and deformability of brickwork under local compression, taking into account its injection with modified polymer compositions: dissertation. – М., 1993. – 152 p.
8. Poddubsky A.V., Leonova A.N. Modern technologies of foundation construction in earthquake-prone areas // in the collection: topical issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Third All-Russian Scientific and Practical Conference of Young scientists. – 2016. – P. 108–110.
9. Dubrovskaya L.V. Abstract of the dissertation «Strength and deformability of brickwork of architectural monuments of Kazakhstan and the development of methods of its reinforcement».– М., 2004. – 25 p.

УДК 528

ТИПЫ БПЛА И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ МОНИТОРИНГА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ



TYPES OF UAVS AND CAN BE USED TO MONITOR AND PREVENT FOREST FIRES

Серебряков Алексей Евгеньевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
serebryakovrtz@mail.ru

Гура Дмитрий Андреевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет
доцент кафедры геодезии,
Кубанский государственный аграрный университет
gda-kuban@mail.ru

Дражецкий Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
drazhetsky@mail.ru

Панченко Екатерина Анатольевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
catepanchenko@gmail.com

Аннотация. На данный момент современные технологии развиваются очень быстро, в том числе и в области обнаружения и устранения лесных пожаров. Для этих целей применяются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые значительно облегчают работу патрульным службам.

Ключевые слова: БПЛА, БАС, мониторинг, лесной фонд, дрон, летательный аппарат.

Serebryakov Alexey Evgenyevich

Student,
Kuban State Technological University
serebryakovrtz@mail.ru

Gura Dmitry Andreevich

Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor of the Cadastral
and Geoengineering Department,
Kuban State Technological University,
Assistant Professor of
the Geodesy Department,
Kuban State Agrarian University
gda-kuban@mail.ru

Drazhetsky Daniil Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
drazhetsky@mail.ru

Panchenko Ekaterina Anatolevna

Student,
Kuban State Technological University
catepanchenko@gmail.com

Annotation. At the moment, modern technologies are developing very quickly, including in the field of detection and elimination of forest fires. For these purposes, unmanned aerial vehicles (UAVs) are used, which greatly facilitate the work of patrol services.

Keywords: UAV, UAS, monitoring, forest fund, drone, aircraft.

Одним из способов получения информации о земной поверхности и находящихся на ее поверхности объектов является дистанционное зондирование. Его проводят с помощью использования космической и авиационной съёмки. Беспилотная авиация является важным направлением в развитии авиации [1].

Беспилотный летательный аппарат или БПЛА – это воздушное судно, управляемое при помощи программного обеспечения или дистанционного управления оператором, не имеющее экипажа и предназначенное для выполнения разного рода задач. С каждым годом БПЛА привлекают все больше внимания и применяется в различных сферах. Беспилотники идеально подходят для дистанционного зондирования, так как позволяют получать информацию в режиме реального времени [2–3].

В зависимости от принципа полёта БПЛА можно разделить на 6 групп:

1) БПЛА самолётного типа. Данный тип отличается высокой скоростью полёта, большой максимальной высотой и длительностью полёта. Этот БПЛА имеет неподвижное крыло, а подъемная сила создаётся за счёт напора воздуха, который набегает на него. Существует множество подтипов БПЛА самолётного типа, они отличаются по весу, размеру, форме крыла и фюзеляжа (рис. 1);

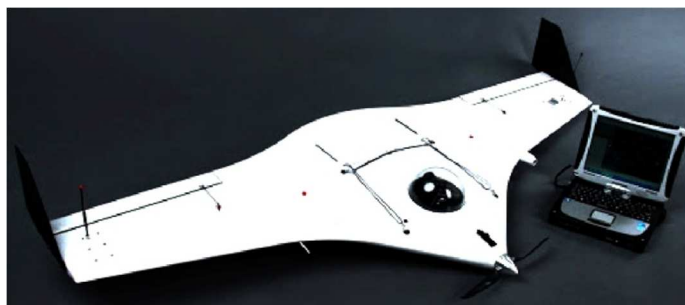


Рисунок 1 – БПЛА самолётного типа

2) БПЛА с гибким крылом. Данные аппараты отличаются более низкой стоимостью и экономичностью при использовании. В качестве крыла используется гибкая конструкция, обладающая свойством обратной деформации. Эти БПЛА имеют ряд недостатков, а именно: зависимость от погодных условий; сложность управления (рис. 2);



Рисунок 2 – БПЛА с гибким крылом

3) БПЛА вертолётного типа. Данные аппараты имеют возможность вертикального взлёта и посадки, а также неподвижного зависания в воздухе. Подъёмная сила создаётся за счёт вращающихся лопастей (рис. 3);



Рисунок 3 – БПЛА вертолётного типа

4) БПЛА с машущим крылом. Эти аппараты основаны на принципе копирования движений летающих животных или насекомых. На данный момент эти БПЛА не применяются. Главные преимущества – это манёвренность и энергоэффективность (рис. 4);

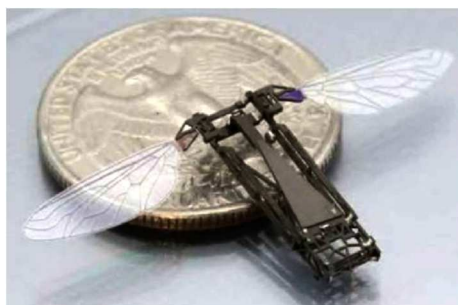


Рисунок 4 – БПЛА с машущим крылом

5) Аэростатические БПЛА. В отличие от остальных, подъёмная сила в этих БПЛА создаётся при помощи баллона с лёгким газом. Основной представитель данного класса – дирижабль (рис. 5).



Рисунок 5 – Аэростатические БПЛА

6) Гибридные подклассы БПЛА. Совмещают в себе несколько основных элементов из других классов (рис. 6).



Рисунок 6 – Гибридный БПЛА

Дистанционное зондирование с применением БПЛА может применяться для проведения мониторинга и предотвращения лесных пожаров [4]. Для выполнения поставленных задач на борту БПЛА применяется беспилотная авиационная система (БАС). БАС состоит из:

1) Бортовой комплект, который включает навигационную систему, спутниковый приемник, накопитель полётной информации и автопилот. Автопилот позволяет заранее запрограммировать маршрут полёта, а также настроить автоматический взлёт и посадку;

2) Полезная нагрузка. Включает цифровую камеру, также может дополняться видеокамерой или тепловизором;

3) Функции наземного пункта управления. Включают в себя слежение за полётом, приём данных и передачу команд управления.

Назначение беспилотных летательных аппаратов при решении задач охраны лесов:

- выявление незаконной хозяйственной деятельности;
- информирование наземных пожарных команд;
- информационная поддержка штабов по тушению особо крупных лесных пожаров в сложных условиях;
- плановый лесопатологический мониторинг состояния контрольных участков леса;
- патрулирование лесного фонда.

Применение БПЛА позволяет проводить мониторинг ситуации на обширных территориях лесов, в труднодоступных районах дистанционно, без личного участия человека. Данная особенность позволяет выполнить работу максимально безопасно, быстро, удобно и без чрезмерных денежных затрат.

БПЛА одновременно проводят мониторинг лесного фонда, а также снабжают информацией наземные команды пожаротушения. Для этого на дроне устанавливаются камеры, которые передают информацию оператору в режиме реального времени. В свою очередь оператор анализирует данные, следит за движением беспилотника и ре-

гулирует параметры его полёта при необходимости. При обнаружении пожара оператор переводит управление в ручной режим для более детального осмотра территории.

На основе полученной информации с БПЛА оператор составляет отчёт, в который вносит данные о: местоположении очага возгорания; направлении распространения огня; угрозе для населённых пунктов или хозяйственных объектов. По этим данным принимаются решения о тактике тушения пожара [5].

В зависимости от целей определяется высота полёта, так для общего мониторинга высота составляет 600–800 м, а для более детального 200–400 м.

Заключение

Беспилотные летательные аппараты – это отличный и незаменимый помощник для патрульных служб в борьбе с лесными пожарами. Дроны способны проводить мониторинг на обширных территориях и в труднодоступных местах без личного участия человека, что позволяет значительно снизить опасность выполняемой работы. Дроны дают возможность обнаружить очаг возгорания даже в зонах со слабой видимостью и сложным рельефом, своевременно информировать сотрудников патрульной службы и предотвратить распространение пожара.

Также БПЛА способны тушить пожары. Крупные беспилотники могут набирать воду из водоёмов и затем сбрасывать её на очаг возгорания.

Беспилотник не только отслеживает состояние лесного фонда и способствует своевременному обнаружению очага возгорания, но и помогает контролировать и отслеживать действия команды по тушению пожара.

Литература

1. Петушкова В.Б., Потапова С.О. Мониторинг и охрана лесов с применением беспилотных летательных аппаратов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2019. – № 9. – С. 717–722.
2. Кудрявцева О.К., Щербатых Ю.О., Нестеренко И.В. Беспилотные летательные аппараты в геодезии, преимущества и недостатки // Студент и наука. – 2021. – № 4 (19). – С. 68–72.
3. Automated system for dispatching the movement of unmanned aerial vehicles with a distributed survey of flight tasks / D. Gura [et al.] // Journal of Intelligent Systems (30). – 2021. – P. 728–738. – DOI : 10.1515/jisys-2021-0026
4. Гринпис России, ФБУ «Авиалесоохрана», Общество добровольных лесных пожарных. Справочник добровольного пожарного // Гринпис России, ФБУ «Авиалесоохрана», Общество добровольных лесных пожарных / Методические рекомендации для добровольцев. – Изд. Третье дополненное, 2017. – 152 с.
5. Коршунов Н.А., Котельников Р.В. Борьба с лесными пожарами: проблема информационного обеспечения авиасредствами и ее решение // Пожарная безопасность. – 2008. – № 1. – С. 125–129.

References

1. Petushkova V.B., Potapova S.O. Monitoring and protection of forests with the use of unmanned aerial vehicles // Fire safety: problems and prospects. – 2019. – № 9. – P. 717–722.
2. Kudryavtseva O.K., Shcherbatykh Yu.O., Nesterenko I.V. Unmanned aerial vehicles in geodesy, advantages and disadvantages // Student and Science. – 2021. – № 4 (19). – P. 68–72.
3. Automated system for dispatching the movement of unmanned aerial vehicles with a distributed survey of flight tasks / D. Gura [et al.] // Journal of Intelligent Systems (30). – 2021. – P. 728–738. – DOI : 10.1515/jisys-2021-0026
4. Greenpeace Russia, FBU Avialesokhrana, Society of Voluntary Forest Firefighters. Volunteer Firefighter Directory // Greenpeace Russia, FBU Avialesokhrana, Society of Voluntary Forest Firefighters / Guidelines for Volunteers. – Ed. Third supplemented, 2017. – 152 p.
5. Korshunov N.A., Kotelnikov R.B. Fighting forest fires: the problem of information support by aircraft and its solution // Fire safety. – 2008. – № 1. – P. 125–129.

УДК 699.841

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УСТРОЙСТВ (НКУ)



SEISMIC RESISTANCE OF LOW VOLTAGE INTEGRATED DEVICES (NKU)

Сорокина Елена Николаевна

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет
karpanina.elena@yandex.ru

Самаркина Елена Алексеевна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
lenochka_samar@mail.ru

Тарасенко Полина Денисовна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
polina111mr@gmail.com

Аннотация. Чтобы избежать ущерба при землетрясении, здания и техническая инфраструктура должны быть по возможности выполнены в «сейсмостойком» исполнении. Что делать, если требуется, чтобы НКУ было выполнено в «сейсмостойком» исполнении? Именно этому вопросу посвящена данная статья.

Ключевые слова: низковольтные комплексные устройства, сейсмостойкость, землетрясения, интенсивность, магнитуда, сейсмоопасные зоны.

Sorokina Elena Nikolaevna

Ph.D. in Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State University of Technology
karpanina.elena@yandex.ru

Tarasenko Polina Denisovna

Student,
Kuban State University of Technology
polina111mr@gmail.com

Samarkina Elena Alekseevna

Student,
Kuban State University of Technology
lenochka_samar@mail.ru

Annotation. In order to avoid earthquake damage, buildings and technical infrastructures should, if possible, be made in a «earthquake-resistant» design. What should I do if it is required that the NKU be made in a «earthquake-resistant» design? This is the subject of this article

Keywords: low-voltage complete devices, earthquake resistance, earthquakes, intensity, magnitude, earthquake-prone zones.

Вызванным землетрясением ущербом являются как правило структурные повреждения зданий и транспортной инфраструктуры. Значительные повреждения могут также возникать в установках внутри зданий. В зависимости от силы землетрясения и заселенности рассматриваемой зоны возможны различные масштабы выше названных повреждений зданий и транспортной инфраструктуры. Кроме того, повреждения технической инфраструктуры могут привести к тому, что после землетрясения во многих случаях возникают перебои с электричеством, питьевой водой, газом и т.д. Непосредственно после землетрясения, когда важна быстрая помощь пострадавшим, разрушения транспортной и технической инфраструктуры препятствуют оказанию помощи. Во избежание вышеописанного ущерба при землетрясении здания, транспортная и техническая инфраструктура в сейсмоопасных зонах должны быть выполнены в «сейсмостойком» исполнении. Принимаемые меры сильно различаются не только в зависимости от области (здания, техническая инфраструктура), необходимо также рассматривать риск землетрясений. Таким образом, требования в особо сейсмоопасной зоне должны быть более высокими.

Под сейсмостойкостью часто подразумевается безопасность зданий. Это вполне очевидно, так как из-за разрушения зданий вследствие землетрясения как правило возникают человеческие жертвы, а также происходит материальный ущерб в этой области. Однако, устройства технической инфраструктуры, например, низковольтные комплектные устройства (НКУ) или центры обработки данных (ЦОД) необходимо также защитить от землетрясений. Это относится не только к критическим установкам, например, на электростанциях или производствах химической промышленности, но и играет большую роль также в общем электрораспределении.

С точки зрения физики землетрясение представляет собой ударную волну, исходящую из эпицентра землетрясения. Она приводит к колебаниям земной коры со сложным спектром частот и составляющими как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Это описывается с помощью соответствующих амплитуд и частот на поверхности земли. Так как высвобождаемая при землетрясении энергия не может быть измерена напрямую, для описания силы землетрясений используются различные шкалы. Различают шкалы интенсивности и шкалы амплитуд.

Шкалы интенсивности основаны на макроскопических воздействиях землетрясения, например, тяжести повреждений зданий, а также на субъективных ощущениях людей, чувствующих или слышащих землетрясение. Часто используемой шкалой интенсивности является шкала Меркалли, которая была разработана в 1902 г. и применяется по сей день (таб. 1). Шкалы интенсивности в малозаселенных зонах можно использовать лишь условно, так как в таком случае имеется мало зданий, подверженных повреждениям и также мало людей, которые могут сообщить о своих ощущениях [5].

Баллы	Ускорение земли			Наименование	Баллы
	гал	гал	g (9,81 м/с ²)		
0	< 0,8	< 1.0	< 0,001	не ощущается	I
1	0,8-2,5	1.0-2.1	0,001-0,002	очень слабое	II
2	2.5-8.0	2.1-5.0	0,002-0,005	слабое	III
3	8.0-25	5.0-10	0,005-0,01	интенсивное	IV
4	25-80	10-21	0,01-0,02	довольно сильное	V
5	80-250	21-44	0,02-0,05	сильное	VI
6	250-400	44-94	0,05-0,1	очень сильное	VII
7	400-800	94-202	0,1-0,2	разрушительное	VIII
8	800-1600	202-432	0,2-0,5	опустошительное	IX
9	1600-3200	432-864	0,5-1	уничтожающее	X
10	3200-6400	864-1728	1-2	катастрофа	XI
11	6400-12800	1728-3456	> 2	сильная катастрофа	XII

Таблица 1 – Шкала Меркалли в сравнении с японской шкалой JMA

Чтобы оценить значение сейсмостойкости электроустановок, необходимо сначала создать обзор повреждений, которые могут произойти в результате землетрясения. При этом следует учитывать последующий ущерб, который может возникнуть при выходе электроустановки из строя. Чаще всего при землетрясениях основное внимание уделяется повреждениям зданий. В зависимости от вида здания, значения для размещенных в здании установок как правило выше значений, которые действуют для частей структуры здания. Поэтому при рассмотрении ущерба от землетрясений целесообразно полагаться только на сейсмостойкость здания, и установки также должны отвечать требованиям по сейсмостойкости [2].

Сохранение функций установок в том числе при землетрясениях большой магнитуды имеет большое значения для критичных, связанных с безопасностью инфраструктур, например, в атомной энергетике. В частности, в областях телекоммуникаций и IT также необходима высокая надежность систем и, соответственно, высокая сейсмостойкость. Одновременно с этим важно сохранение функций в течение определенного времени или быстрое восстановление функций после землетрясения.

Колебания, которые возникают в случае землетрясения, обычно находятся в диапазоне частот от 0,3 Гц до 50 Гц. Нагрузки, которые таким образом действуют на НКУ, могут привести как к нарушениям в работе, так и к структурным повреждениям всей установки. Нарушения в работе можно устранить с минимальными затратами, поэтому НКУ после землетрясения может быть относительно быстро возвращена в эксплуатацию. Типичным примером здесь может быть отсоединившийся контакт или временное короткое замыкание, которое прерывается с помощью имеющихся предохранительных устройств.

Примером других повреждений может быть отсоединение компонентов от несущей шины или монтажной панели в шкафу. Серьезные повреждения НКУ, как правило, приводят к длительным отключениям подачи питания. Они происходят, когда шкаф приходит в движение при землетрясении, отсоединяется его крепление или даже происходит опрокидывание шкафа.

Сюда же относятся структурные повреждения шкафа. Во всех случаях корпуса, например, распределительные шкафы, имеют решающее значение, так как если шкаф не выдерживает землетрясение, то вся установка в любом случае выходит из строя. Поэтому сейсмостойкость корпусов является важным пунктом во всех основных стандартах. Однако эта сейсмостойкость не может рассматриваться отдельно, рассматриваемое здание и все установленные компоненты должны отвечать соответствующим требованиям. Поэтому недостаточно только использовать подходящий шкаф, если необходимо обеспечить сохранение функциональности после или даже во время землетрясения. Для этого также установленные компоненты должны соответствовать требованиям соответствующего стандарта, а работоспособность системы в целом должна быть проверена в ходе испытания.

Для проверки сейсмостойкости шкафа во всех соответствующих стандартах предписываются испытания на вибростенде. Целью является лабораторное моделирование воздействий при землетрясении – вибраций и ударных нагрузок. Для этого испытуемый образец монтируется на вибростенде, где он должен выдержать испытания по предписанной программе. При этом на образце не должно возникнуть структурных повреждений. Это означает, что несущие конструкции не должны быть повреждены, изогнуты, сломаны и т.д. Кроме того, важнейшие соединения не должны разъединяться. Аналогичные требования действуют, например, также для дверей шкафов, шарниров и замков. Дополнительно имеются и функциональные испытания – это означает, что после нагрузки проверяется, чтобы установка выполняла свои функции.

Для создания устойчивых механических конструкций, способных выдерживать колебания, с незапамятных времен имеется проверенный способ: фахверковая конструкция. Эта конструкция состоит из балок, которые соединены между собой концами и образуют треугольники. При этом на балки действуют исключительно силы растяжения или сжатия, что делает конструкцию очень прочной, и одновременно минимизируется вес. Такой принцип конструкции успешно используется при строительстве домов, мостов и других несущих конструкций. Сегодня максимально возможной жесткости у зданий пытаются достичь массивными бетонными конструкциями. Еще одна альтернатива, которая применяется прежде всего в высотных зданиях – это установка маятника как активного элемента. При движениях вследствие землетрясения происходят колебания маятника, который почти полностью забирает на себя энергию, благодаря чему не возникает повреждений в структуре зданий. Третья возможность заключается в отделении защищаемого объекта от землетрясения. Для этого, например, здание или элемент оснащаются устанавливаемыми на демпферы большого размера, которые амортизируют и демпфируют нагрузки при землетрясении. При этом необходимо, чтобы устанавливаемый на демпферы вес был точно известен, и обеспечен достаточный ход при амортизации.

Фахверковый принцип также используется при устройстве распределительного шкафа. Система состоит из направляющих, которые монтируются по бокам каркаса шкафа и таким образом значительно повышают жесткость. Узловые панели в углах каркаса дополнительно повышают устойчивость. Монтажная панель также усиливается и дополнительно фиксируется с помощью направляющих [3].

При наличии конкретного запроса на сейсмостойкое НКУ прежде всего, необходимо уточнить географическое положение, то есть в какой стране и в какой сейсмоопасной зоне будет находиться НКУ. Затем необходимо определить требование лежащего в основе стандарта. Все требования, которые относятся к зданию или креплению НКУ в помещении, должны быть выполнены силами ответственных за строительство и строительные конструкции лиц.

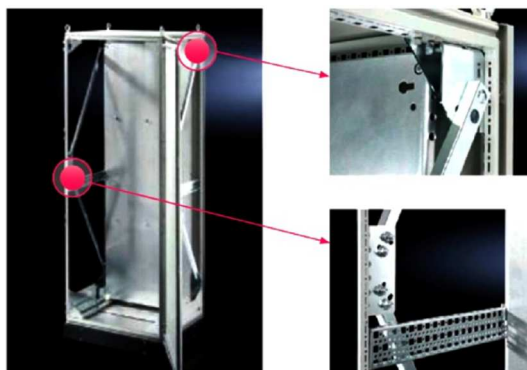


Рисунок 1 – Комплектующие для сейсмостойкого расширения

Если требуется структурная целостность, как правило бывает достаточным лишь использовать сертифицированный корпус, с соответствующими комплектующими для землетрясений.

Разумеется, сохранение функций установки, как иногда требуется, нельзя гарантировать с помощью корпуса или распределительного шкафа. Для этого необходимы обширные испытания. На начальном этапе могут быть проведены структурные расчеты с помощью метода конечных элементов. Распределение установленных компонентов и их вес могут иметь влияние на вибростойкость шкафа. Кроме того, вид монтажа – например, на монтажную панель или на шинные системы – может оказать влияние на свойства. Поэтому при таких требованиях рекомендуется испытывать сейсмостойкие шкафы для конкретного случая применения, то есть с реальными компонентами.

Литература

1. Савин С.Н., Данилов И.Л. Сейсmobезопасность зданий и территорий : учебное пособие. – СПб. : Лань, 2021. – 240 с. – ISBN 978-5-8114-1880-0.
2. Сейсmozащитные устройства: актуальные проблемы сейсmobезопасности : монография / Н.П. Абовский [и др.]. – Красноярск : СФУ, 2013. – 98 с. – ISBN 978-5-7638-2727-9.
3. Конструкции зданий и сооружений с элементами статики : учебник / под ред. Л.Р. Маильяна. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 687 с. (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-16-003508-6.
4. Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Проектирование, строительство и эксплуатация зданий в сейсмических районах : учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 226 с. (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/1000210. – ISBN 978-5-16-014705-5
5. Потапов А.Д., Ревелис И.Л., Чернышев С.Н. Землетрясения. Причины, последствия и обеспечение безопасности : учебное пособие / под ред. С.Н. Чернышева. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 343 с. (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-011844-4

References

1. Savin S.N., Danilov I.L. Seismic safety of buildings and territories : a textbook. – SPb. : Lan, 2021. – 240 p. – ISBN 978-5-8114-1880-0.
2. Seismic protection devices: actual problems of seismic safety : monograph / N.P. Abovsky [et al.]. – Krasnoyarsk : SFU, 2013. – 98 p. – ISBN 978-5-7638-2727-9.
3. Constructions of buildings and structures with static elements : textbook / edited by L.R. Mailyan. – M. : INFRA-M, 2020. – 687 p. (Secondary vocational education). – ISBN 978-5-16-003508-6.
4. Alekseenko V.N., Zhilenko O.B. Design, construction and operation of buildings in seismic areas : textbook. – M. : INFRA-M, 2022. – 226 p. (Higher education: Bachelor's degree). – DOI 10.12737/1000210. – ISBN 978-5-16-014705-5
5. Potapov A.D., Revelis I.L., Chernyshev S.N. Earthquakes. Causes, consequences and security : a textbook / edited by S.N. Chernyshev. – M. : INFRA-M, 2019. – 343 p. (Higher education: Bachelor's degree). – ISBN 978-5-16-011844-4.

СКАНИРУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ. ТРЕХМЕРНОЕ ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ



SCANNING TECHNOLOGIES. THREE-DIMENSIONAL LASER SCANNING

Сукманюк Александр Славьянович

Кубанский государственный технологический университет
a.sukmanyuk@mail.ru

Малый Захар Алексеевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
zaharmaliy17@gmail.com

Дражецкий Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
drazhetsky@mail.ru

Аннотация. Лазерные сканирующие технологии – это одна из перспективных отраслей инженерной геодезии, которая используется в геодезических методах, являющаяся одним из методов геодезических измерений. В последнее время, сканирующие технологии всё чаще применяются в таких отраслях как: нефтегазовая промышленность, строительство, архитектура и прочих. Такое широкое применение обеспечивает постоянное совершенствование оборудования. Лазерное сканирование позволяет получить огромный массив данных (облако точек) для различного использования. За счёт того, что лазерное сканирование делится на три вида: наземное, воздушное и мобильное, это даёт возможность проводить съёмку в разнообразных ситуациях. Целью статьи является обзор технологии лазерного сканирования, основных плюсов и анализ рациональности использования.

Ключевые слова: инженерная геодезия, сканирующие технологии, трёхмерное моделирование, лазерное сканирование, строительство, геодезические измерения.

Sukmanyuk Aleksandr Slavyanovich

Kuban State Technological University
a.sukmanyuk@mail.ru

Maly Zakhar Alekseevich

Student,
Kuban State Technological University
zaharmaliy17@gmail.com

Drazhetsky Daniil Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
drazhetsky@mail.ru

Annotation. Laser scanning technologies are one of the promising branches of engineering geodesy, which is used in geodetic methods, which is one of the methods of geodetic measurements. Recently, scanning technologies are increasingly used in such industries as: oil and gas industry, construction, architecture and others. Such a wide application ensures the continuous improvement of the equipment. Laser scanning allows you to get a huge array of data (point cloud) for various uses. Due to the fact that laser scanning is divided into three types: ground, air and mobile, this makes it possible to shoot in a variety of situations. The article is aimed at reviewing the technology of laser scanning, the main advantages and analysis of the rationality of use.

Keywords: engineering geodesy, scanning technologies, three-dimensional modeling, laser scanning, construction, geodetic measurements.

Технология трехмерного лазерного сканирования появилась еще в 60-х годах XX-го века. Она создавалась для того, чтобы инженеры имели возможность переноса физических параметров объекта в цифровой формат в виде объемной модели. Разработку данного метода инициировало повсеместное использование компьютеров, как и в повседневной жизни, так и на производстве. Первые образцы 3D-сканеров были довольно просты и не обладали широким функционалом. Постепенно они усложнялись и совершенствовались, позволяя добиваться все более четкого изображения объекта. С увеличением доступности и уменьшением стоимости лазеров метод трехмерного лазерного сканирования стал наиболее актуальным.

Трёхмерное лазерное сканирование позволяет создавать цифровую модель объекта, представив его в виде набора точек с пространственными координатами. Технология основана на использовании лазерных сканеров, измеряющих координаты точек поверхности с высокой скоростью.

Лазерный сканер – это прибор, который состоит из двух частей – высокоскоростного лазерного дальномера и системы изменения направления луча, которая представляет из себя поворотное зеркало и сервопривод [1].

Главным преимуществом сканирующих систем является возможность работы в тёмное время суток или условиях плохой видимости. Это позволяет при необходимости собирать информацию об объекте вне зависимости от времени суток и погодных условий. Также, по полноте и подробности получаемой информации, данный метод съёмки является самым точным [2].

Но, у лазерного сканирования есть и свои минусы, такие как:

1) С данной технологией может работать только человек обладающий высокой квалификацией;

2) Невозможность сканирования объектов, которые отражают лазерные лучи;

3) Необходим специальный прибор для определения координат контрольных точек [3].

Основными характеристиками любого лазерного сканера являются такие параметры, как: дальность, скорость, точность и угол обзора.

По точности измерений и дальности своего действия лазерные сканеры разделяются на:

1) Высокоточные (погрешность менее 1 мм, дальность от 1 дм до 2–3 метров);

2) Среднего радиуса действия (погрешность до нескольких миллиметров, дальность до 100 м);

3) Дальнего радиуса действия (дальность сотни метров, погрешность от миллиметров до нескольких сантиметров);

4) Маркшейдерские (погрешность доходит до дециметров, дальность более километра).

Лазерное сканирование подразделяется на три основных вида: наземное, воздушное и мобильное.

Система наземного лазерного сканирования (СНЛС) – это специальное устройство (рис.1), находящееся на поверхности земли, дающее возможность создания трёхмерной модели объекта, благодаря измерению расстояния от сканера до объекта и регистрации соответствующих направлений с высокой скоростью [4].



Рисунок 1 – Наземный лазерный сканер LeicaRTC 360

Преимуществами наземных лазерных сканеров являются:

1) Огромный массив данных (облако точек), получаемый в результате сканирования и представленный в единой системе координат, сразу доступен для обработки.

2) Высочайшая детальность получаемых материалов.

3) Высокая скорость сбора данных – современные сканеры позволяют снимать со скоростью до 2 000 000 т/сек;

4) Все данные поступают сразу в цифровом виде;

5) Большая точность регистрации сканов в общем облаке точек – порядка 10 мм;

6) Съёмка происходит дистанционно, что исключает риск травмирования персонала в опасных зонах на производстве.

Постобработка данных полученных с помощью наземных лазерных сканеров позволяет получить трёхмерные цифровые модели, сечения и чертежи в различных масштабах.

Наземные лазерные сканеры по методу определения расстояния до объекта разделяют на следующие типы:

- 1) Импульсные сканеры – могут рассчитывать расстояние как функцию времени прохождения лазерного луча до измеряемого объекта и обратно;
- 2) Фазовые сканеры – работают с фазами лазерного излучения, а именно с их сдвигами;
- 3) Триангуляционные сканеры – приемник и излучатель находятся на расстоянии друг от друга. Это расстояние используется для решения треугольника типа «излучатель-объект-приёмник»

Воздушные лазерные сканеры – это съёмочная система, состоящая из летательного аппарата (самолета, вертолета или БПЛА), лазерного сканера и цифровой камеры. Данная система совершает полет над местностью, по заранее проложенному маршруту, и с помощью лазера регистрирует соответствующие координаты точек.

В последнее время наибольшую популярность набирает воздушное лазерное сканирование при помощи БПЛА (рис. 2) в виде мультикоптера или самолетного типа. За счёт использования более современных и компактных сканирующих систем, позволяющих смонтировать их на небольших БПЛА, появилась возможность быстрой и относительно недорогой съемки небольших территорий.



Рисунок 2 – БПЛА GreenValleyLiAIRV

Преимуществами воздушного лазерного сканирования являются:

- 1) Съёмка с высоты птичьего полёта позволяет получить недоступные с земли элементы объектов;
- 2) Высокая детализация материалов из-за отсутствия слепых зон;
- 3) Все данные поступают сразу в цифровом виде;
- 4) Возможность получения истинного рельефа труднодоступных для мест как: тундра, пустыня, заснеженная территория;
- 5) Быстрое получение результата сканирования: массив измерений, представленный в единой системе координат.

В результате постобработки данных, полученных воздушным лазерным сканированием, можно получить топографические планы масштабов начиная от 1:1000 и трёхмерные цифровые модели местности.

Мобильное лазерное сканирование (МЛС) – это технология получения пространственных данных во время движения. Съёмочная система мобильного лазерного сканирования, состоящая из транспортного средства и лазерного сканера позволяет проводить съёмку всех объектов по курсу движения транспортного средства (рис. 3).



Рисунок 3 – Мобильный лазерный сканер LeicaPegasus: TwoUltimate

Преимуществами являются:

- 1) Данная система равномерно покрывает любые объекты, попадающие в поле зрения;
- 2) Работы могут производиться в любое время суток, при этом, не мешая транспортному потоку;
- 3) Средняя скорость составляет до 65 км/ч;
- 4) Значительно помогает сэкономить время и денежные ресурсы;
- 5) Позволяет проводить первые измерения уже через несколько часов после съемки.

Немаловажную роль играет и программное обеспечение сканирующего устройства. Для этого необходимо выбирать устройство с хорошим и зарекомендовавшим себя программным обеспечением. Например, устройства Leica, со своим фирменным программным обеспечением – Leicascapivate. Благодаря такому ПО, устройства могут сами в автоматическом процессе адаптироваться к погодным условиям и времени суток. Сканеры сами, без участия человека, распознают динамику и прогнозируют траекторию движения целей [5].

После выполнения всех необходимых полевых работ, нужно перейти к камеральной обработке. Работа с точками лазерного отражения включает в себя:

- 1) Предобработка данных трехмерного лазерного сканирования;
- 2) Векторизация и создание трехмерной модели конкретного объекта.

Предобработка данных трехмерного лазерного сканирования – это набор операций над полученными в процессе сканирования и записанными в файл показаниями приборов, входящих в систему лазерного сканирования, на основе которых создаётся облако точек [6].

Предобработка данных включает в себя:

- 1) Уравнивание траекторий и облачков точек;
- 2) Устранение шумов и выбросов;
- 3) Раскраска в естественные и синтаксические цвет;
- 4) Сегментация;
- 5) Кластеризация;
- 6) Классификация.

Представление данных ЛС в цифровой форме является важным процессом. Необходимо правильно выбрать формат для хранения данных, ведь от этого зависит размер файла, а также и ПО, которое необходимо выбрать для работы с конкретным файлом [7].

За счет своей универсальности данные лазерного сканирования могут быть использованы в различных сферах и для этого после предобработки их можно импортировать в различное программное обеспечение. В качестве программы, используемой для фильтрации, классификации по высоте и автоматического построения 3D моделей здания можно использовать программу «BentleyMicroStation», а для обработки первичных контуров зданий подойдет программа «Civil 3D» (рис. 4) [8].

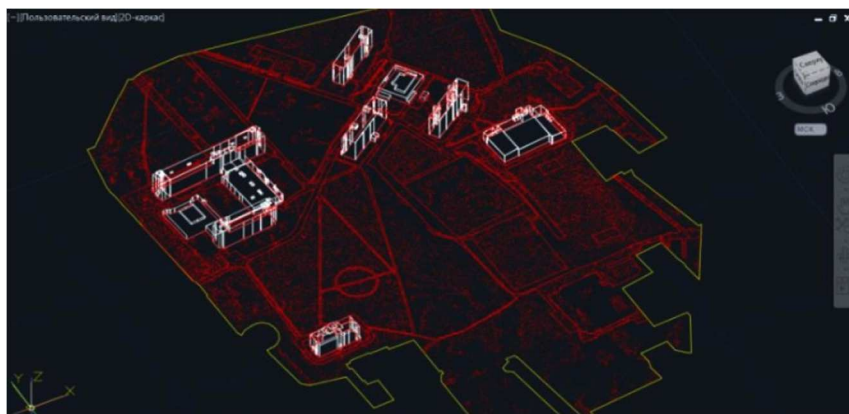


Рисунок 4 – Пример построения трехмерной модели рельефа территории на этапе вычерчивания структурных линий

Закключение. Современные технологии позволяют использовать трехмерное лазерное сканирование для различных целей. За счет своих преимуществ эта технология позволила значительно упростить и ускорить многие процессы. Это позволяет сделать вывод что лазерное сканирование является наиболее универсальным и точным методом измерения объектов, как с земли, так и с воздуха.

Литература

1. Гура Д.А., Власенко В.П., Недякина А.П. Организация мониторинга линейных объектов с применением технологии лазерного сканирования // Актуальные вопросы землеустройства, геодезии и природообустройства, 2020. – С. 262–266.
2. Гура Д. А., Дубенко Ю. В., Марковский И. Г. Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры с применением сканирующих технологий // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – Вып. 2 (88). – С. 74–86. – DOI : 10.25257/TTS.2020.2.88.
3. Грибкова Л.А. Горстка Н.А. Недостатки, преимущества и возможности лазерного сканирования // Научная дискуссия современной молодёжи: актуальные вопросы, достижения и инновации, 2018. – С. 48–50.
4. Применение лазерного сканирования для мониторинга инженерных сооружений / А.А. Солодунов [и др.] // Colloquium journal. – 2019. – № 26-2 (50). – С. 78–80.
5. Гура Д.А., Акоюн К.А. Программное обеспечение LeicaCaptivate для 3D моделирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 2. – С. 161–163.
6. Гура Д. А., Дьяченко Р.А., Хушт Н.И. К вопросу о предобработке данных трехмерного лазерного сканирования // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2021. – № 3. – С. 39–46.
7. Ноздрин В.Н. Зыков И.Ю. Применение лазерного сканирования при построении 3D-моделей // Высокие технологии в современной науке, 2013. – С. 343–345.
8. Гура Д.А. Осенняя А.В., Марковский И.Г. Мониторинг использования земель с помощью технологии трехмерного лазерного сканирования // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений, 2021. – С. 94–98.

References

1. Gura D.A., Vlasenko V.P., Nedyakina A.P. Organization of monitoring of linear objects using laser scanning technology // Actual problems of land management, geodesy and environmental engineering, 2020. – P. 262–266.
2. Gura D.A., Dubenko Y.V., Markovsky I.G. Monitoring of transport infrastructure objects with the use of scanning technologies // Technospheric safety technologies. – 2020. – № 2 (88). – P. 74–86. – DOI : 10.25257/TTS.2020.2.88.
3. Gribkova L.A. Gorstka N.A. Disadvantages, advantages and possibilities of laser scanning // Scientific discussion of modern youth: actual issues, achievements and innovations, 2018. – P. 48–50.
4. Application of laser scanning for monitoring engineering structures / A.A. Solodunov [et al.] // Colloquium-journal. – 2019. – № 26-2 (50). – P. 78–80.
5. Gura D.A., Hakobyan K.A. Software Leica Captivate for 3D modeling // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 2. – P. 161–163.
6. Gura D.A., Dyachenko R.A., Khusht N.I. To the question of preprocessing of data of three-dimensional laser scanning // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2021. – № 3. – P. 39–46.
7. Nozdrin V.N. Zykov I.Yu. Application of laser scanning in the construction of 3D models // High Technologies in Modern Science, 2013. – P. 343–345.
8. Gura D.A. Osennyaya A.V., Markovsky I.G. Monitoring the use of land with the help of three-dimensional laser scanning technology // Modern problems and prospects for the development of land and property relations, 2021. – P. 94–98.

УДК 69.032.22

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ КАРКАСНЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ



FEATURES OF STRUCTURAL SCHEMES OF FRAME HIGH-RISE BUILDINGS

Сылка Дарья Владимировна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
dsylka@bk.ru

Ковалёва Илона Владимировна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
kovalevaanoli@gmail.com

Злая Дарья Геннадиевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
daria.zlaya00@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются и анализируются наиболее важные отличительные особенности каркасных зданий высотного типа, которые оказывают значительное влияние на выбор конструктивных схем для строительства. Так же рассматривается влияние выбранной конструктивной схемы здания на объёмно-планировочное решение зданий и сооружений. Приводится обоснование выбора самых оптимальных решений конструктивной схемы здания, которое основывается на функциональном назначении технико-экономическом сравнении подобных схем и диапазоне высот здания.

Ключевые слова: высотные здания и сооружения, здания высотного типа, конструктивные схемы, каркасные схемы высотных зданий и сооружений.

Sylka Daria Vladimirovna

Student,
Kuban State Technological University
dsylka@bk.ru

Kovaleva Ilona Vladimirovna

Student,
Kuban State Technological University
kovalevaanoli@gmail.com

Zlaya Daria Gennadiievna

Student,
Kuban State Technological University
daria.zlaya00@mail.ru

Annotation. This article discusses and analyzes the most important distinctive features of high-rise frame buildings, which have a significant impact on the choice of structural schemes for construction. The influence of the selected structural scheme of the building on the space-planning solution of buildings and structures is also considered. The rationale for choosing the most optimal solutions for the structural scheme of the building is given, which is based on the functional purpose of the technical and economic comparison of similar schemes and the range of building heights.

Keywords: high-rise buildings and structures, high-rise buildings, structural schemes, frame schemes of high-rise buildings and structures.

Все высотные здания имеют свою специфику, которая отличает их от обычных зданий и сооружений, также она существенно влияет на конструктивные схемы и конструкции, которые применяются в строительстве таких зданий.

По мере того, как увеличивается высота здания, возрастают и горизонтальные нагрузки, влияние которых увеличивается в нарастающей степени. На некоторой высоте горизонтальный прогиб становится очень большим, что требования жесткости несущих конструкций становятся решающими в расчётах. Конструктивная схема здания в первую очередь влияет на величину жесткости. Также эффективность той или иной системы зависит от того, какой объём материалов несущих конструкций используется в проекте. Оптимальным решением для здания, имеющего определённые требования к объёмно-планировочному решению, является достижение минимального веса при максимальной жесткости [2].

Для снижения ветровых воздействий инженеры-проектировщики нередко эффективные в аэродинамическом отношении объёмные здания – цилиндрическую, у которой план выполнен в форме круга или эллипса, в качестве примера можно взять небоскрёб «Мэри-Экс» в Лондоне (рис. 1). Также используются призматические и пирамидальные формы зданий и сооружений, план которых выполнен в виде квадрата или прямоугольника со скруглёнными углами. Примером является здание «Джон Хэн-

кок», расположенное в Чикаго и имеющее форму усечённой пирамиды (рис. 2). Для увеличения устойчивости зданий и сооружений прибегают к расширению их сечений к основанию в двух или одном направлениях [1].

Такие факторы, как солнечная радиация, вибрации, аварии, шумы, сейсмические воздействия, аэродинамика, пожары, безопасность эксплуатации, террористические акты, неравномерная загруженность различных элементов конструкции здания, повышенные требования пожарной безопасности, так же являются отличительной чертой высотного строительства. Они требуют повышенного внимания и по большей степени влияют на выбор объёмно-планировочных и конструктивных решений в строительстве.

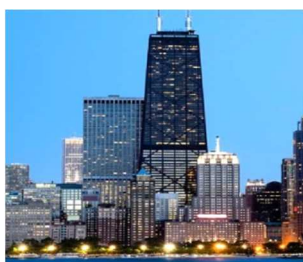


Рисунок 1



Рисунок 2

Все вышеперечисленные факторы влияют на разработку схем, которые будут наиболее рациональными для определённых высот зданий. Немаловажную роль в компоновочном и конструктивном решениях играют высоты объектов. Однако, наиболее существенное влияние на то, какую конструктивную схему нужно выбрать в том или ином случае, оказывают такие факторы, как инженерно-геологические условия, сейсмическая активность выбранного для строительства района, функциональное назначение данного объекта и его архитектурно-планировочные требования. Любое высотное здание можно разделить на диапазоны, в зависимости от его высоты. В свою очередь, каждому диапазону характерны те или иные конструктивные решения. Однако, следует заметить, что разграничение диапазонов в некоторой степени условно, на это влияют вышеперечисленные факторы [2].

Проанализировав то, как развивается ход конструктивной схемы в здании, можно выделить две конструктивные группы, которые являются основополагающими для высотных зданий. Это стеновые, они же диафрагмовые, и стержневые конструктивные схемы. Сочетая эти две группы, можно выявить четыре основополагающие схемы: стеновая, ствольная, каркасная – система со стержневыми конструкциями, оболочковая – схема коробчатого типа [3]. У каждой из перечисленных схем есть свои разновидности. Так конструктивная схема, имеющая ствол жесткости, имеет два вида: схема передачи на ствол нагрузок с помощью оголовка и подвесок, например, два вида «ствольно-подвесной системы», а также ствольно-консольная система», которая передаёт нагрузку на ствол путём её прохода через консоли на основании стволов.

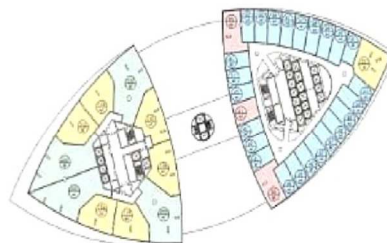
Помимо основных конструктивных схем, более распространёнными стали комбинированные конструктивные схемы. Они, с точки зрения принятия на себя нагрузок и с позиции технико-экономического обоснования и рационального распределения строительных материалов, нередко становятся более полезными и эффективными в строительстве. К примеру, системе оболочки сопутствуют некоторые схемы комбинированного типа, так называемые оболочково-ствольная и оболочково-диафрагмовая схемы. Также нередко применяют и какрасно-стволовые конструктивные схемы. По такой схеме построено большинство зданий в «Москва Сити» – Московском Международном Деловом центре. Примером может послужить самый высокий небоскрёб Европы – башня «Федерация» (рис. 3).

По примеру основных конструктивных схем, которые были указаны выше, можно создать различные комбинации, основанные на двух, трёх, и даже четырёх системах. Нужно отметить, что конструктивную схему здания выбирают как в виде комбинации основных схем, так и в виде только основной схемы. При сочетании этих схем учитывается их рецессивное и доминантное участие, насчитывающие десятки видов.

Немаловажное значение при выборе конструктивной схемы сооружения имеет функциональное назначение объекта, который планируют строить.



а



б

Рисунок 3 – а) Комплекс «Федерация»; б) схематическое изображение плана здания

Рассмотрим конструктивную схему каркасного типа

Возведение зданий с каркасными конструкциями началось в конце прошлого века и быстрыми темпами распространилось по странам Европы и Америки. Сами конструкции каркасных зданий на протяжении всего времени их существования эволюционировали, появлялись новые типы схем, способы строительства каркасных зданий и сооружений.

Эта схема широко применима в строительстве высотных зданий и сооружений. Данная схема позволяет в чистом виде возвести здание либо иное сооружение высотой до 30–35 этажей. Высота в 35 этажей является предельной для данного вида зданий, так как она не имеет возможность обеспечить большей жесткостью более высокие здания. Если рассматривать экономические критерии, то данный вид строительства становится не рентабельным [2]. С увеличением количества этажей неизбежно растёт и усложнение конструкции рамных узлов, предназначенных для восприятия увеличивающихся горизонтальных нагрузок. Вследствие чего появляется необходимость в связевом каркасе со сквозными раскольными стальными диафрагмами жесткости вертикального положения или со сплошными стенами из железобетона – диафрагмами жесткости.

Применяемые каркасные схемы разных типов можно разделить на несколько разновидностей: по статической схеме работы и по материалу, из которого сделан каркас. К первым относятся рамные, рамно-связевые и связевые. Ко вторым – железобетонные и стальные. Последние выполняются в сборном и монолитном вариантах.

В каркасах рамного типа системы рамы воспринимают на себя все вертикальные и горизонтальные нагрузки. В рамно-связевых каркасах для восприятия горизонтальных нагрузок применяются как диафрагмы жесткости, так и сами рамы. А степень их участия в работе можно определить соотношением жесткости двух систем. В связевой же системе нагрузка от ветров воспринимается связями, в то время как рамы, незадействованные ветровыми нагрузками, воспринимают только вертикальную нагрузку.

Рамные каркасы обычно состоят из вертикальных колонн и горизонтальных балок сетки прямоугольного вида, которые соединены между собой жесткими узлами. Рамы нередко включают в себя наружные или внутренние стены здания или сооружения.

При горизонтальных нагрузках жесткие рамы работают за счёт изгиба колонн и балок. Неразрезность жестких рам зависит от жесткости и прочности узлов сопряжений при изгибе.

Несущие способности рам немало зависят от несущих способностей отдельных колонн и балок, они снижаются в зависимости от повышения высоты этажа и увеличения расстояния между ними.

Горизонтальный прогиб жестких рам определяется двумя факторами:

1. Прогибом здания от изгиба как консоли. Рамы работают как вертикальные изгибаемые консольные балки при восприятии опрокидывающего момента. Отдельные волокна таких консольных балок испытывают осевые деформации, при этом укорочение либо удлинение колонн приводит к их горизонтальным перемещениям. Данная форма прогиба составляет 20 % от общей величины перемещения здания и сооружения по горизонтали.

2. Прогибом за счёт работы колонн и балок на изгиб. Такое явление называется сдвиговой деформацией или искажением элементов рамы. Действующие на балки и колонны вертикальные и горизонтальные сдвигающие силы вызывают в этих элементах изгибающие моменты. При таком изгибе рамы искажаются полностью.

На эту долю деформаций приходится приблизительно 80 % общего перемещения здания, из которых 15 % из-за изгиба колонн и 65 % – изгиб балок. Кривизна изогнутой формы соответствует эпюре при сдвигающей нагрузке – максимальному углу наклона в здании, где будет действовать наибольшая сдвигающая нагрузка [4].

Сборно-монолитные конструкции

Помимо рассмотренной конструктивной каркасной схемы здания из сборного железобетона продолжались поиски новых конструктивных схем жилых и общественных зданий, имеющих большое количество этажей.

Совершенно новые возможности для строительства зданий в этом направлении открылись в связи с применением монолитного железобетона.

Применение только сборных каркасных конструкций из железобетона уменьшает возможность компоновки зданий различной конфигурации. Помимо этого, размещение систем в сборном железобетоне ограничивает высоту зданий каркасного вида. Пределами этих ограничений являются 25–30 этажей, при этом нужно учитывать условие создания развитых диафрагм жесткости в плане здания. Для решения данной проблемы вполне уместно использование в строительстве конструкций из сборно-монолитного железобетона, в которой система пространственных диафрагм, имеющая вид ядра жесткости, выполняется в монолитном железобетоне и к этому ядру делается привязка сборного железобетонного каркаса, который будет работать тут только на вертикальные нагрузки. Хорошо отработанная технология сооружения таких конструкций может позволить вывести строительство из сборно-монолитного железобетона на высокий индустриальный уровень, которого достигло строительство из полностью сборных каркасов. Ко всему прочему, данная технология по технико-экономическим качествам, таким как расход материалов и стоимость, совершенно не уступает унифицированному сборному каркасу.

Одним из важнейших качеств каркаса данного типа является возведение зданий и сооружений различной высоты и конфигурации. Проектные проработки показали, что данная конструкция каркаса может быть применима для зданий, имеющих высоту от 40 до 50 этажей.

На данный момент ведутся разработки ряда зданий, имеющих большую этажность с такими конструктивными решениями, сочетающимися с каркасом унифицированного типа, которые будут строиться в Москве в ближайшее время.

Общие выводы о целесообразных схемах зданий каркасного типа

Методы полносборного домостроения, ранее использовавшиеся только для строительства зданий и сооружений, которые ограничивались высотой пяти этажей, в последние несколько лет начали активно использовать для строительства наиболее крупных общественных и административных зданий повышенной этажности.

Накопленный за долгие годы опыт возведения каркасных зданий и сооружений позволяет инженерам-строителям рассмотреть и выбрать наиболее эффективное и удобное конструктивное решение, отвечающее современным требованиям проектирования, экономики и производства работ.

Продолжительность монтажных работ в здании, имеющем стальной каркас с обетонировкой элементов, приблизительно в два раза выше сроков монтажа здания, которое было выполнено в сборном железобетоне. Однако, использование стального каркаса требует увеличение расхода стали и дополнительные затраты труда на возведение здания. Влияние планировочной схемы здания на стоимость устройства каркасов также играет немаловажную роль в строительстве каркасных зданий. Однако, решающее влияние на стоимость строительства ограждающих конструкций оказывает ширина здания. Для сооружений, имеющих широкий корпус площади ограждающих конструкций, составляет примерно $0,119 \text{ м}^2$ на 1 м^3 , здания, в то время как по всем остальным проектам, ширина которых составляет 15–18 метров, площадь ограждающих конструкций составляет $0,143\text{--}0,166 \text{ м}^2$. Эти данные влияют на экономику строительства, так как появляется существенная разница в стоимостях ограждающих конструкций и устройстве каркаса и перекрытия зданий.

Вышеперечисленные данные позволяют нам сделать выводы.

В строительстве общественных и административных зданий и сооружений, высота которых около 20–30 этажей, применение сборного железобетонного каркаса является наиболее рационально как по показателям расходов стали и, трудовых затрат и продолжительности строительства, так и по стоимости. В зданиях, имеющих высоту более 30 этажей, применение каркаса из стали с перекрытиями из сборного железобетона разумно при обязательном эффективной индустриальной противопожарной защиты несущих стен и конструкций.

Нижние колонны нетиповых этажей следует делать из стали. Однако, в отдельных случаях, в которых требуется более крупная колонная сетка и при увеличенных расчётных нагрузок на перекрытие, для которых требуются создание новой номенклатуры сборных железобетонных изделий, разумно применение в строительстве стальных конструкций.

Однако изготовленные на заказ сборные железобетонные конструкции увеличиваются в стоимости в 1,5–2 раза по сравнению с обычными, также появляется необходимость в изготовлении специальных металлических форм, которые невозможно использовать без дальнейшей амортизации.

Наиболее целесообразной рекомендацией для систем жесткости каркаса высотного здания, количеством более 16 этажей, является пространственно-связевая система в виде ядер жесткости или ядер-оболочек.

Возможности снижения стоимости основных конструктивных частей здания следует изыскивать в использовании более экономически выгодных конструкций наружных стен в сочетании с требованиями индустриальности изготовления и монтажа панелей и архитектуры.

Направления дальнейшего развития каркасных решений высотных зданий.

В первую очередь будет происходить расширение номенклатуры унифицированного каркаса, а также освоение всего перечня изделий номенклатуры, то есть использование изделий для полного модульного ряда пролётов. Это создаст большое количество вариантов каркасных схем.

Проектные разработки последних лет показали, что на данной номенклатуре каркасных изделий получается выработать для дальнейшего использования большое разнообразие объёмно-планировочных изделий для сооружений, несущих совершенно разное назначение и имеющих различные высоты и конфигурации.

Создание перечня фасадов для образования эркеров, лоджий, ризалитов, пилластр и множества других изделий позволяет довольно интересные пластические архитектурные решения. Так при появлении унифицированного каркаса удалось получить перечень изделий, из которых в дальнейшем будет собираться и конструироваться разнообразные здания и сооружения, в том числе и высотного типа.

Довольно перспективным направлением, которое возможно может значительно расширить возможности сборного унифицированного каркаса, является его сочетание с монолитными железобетонными конструкциями. Это позволяет обеспечить жесткость конструкций, но и открывает возможности для создания оригинальных, сложных и уникальных архитектурных решений.

Успешность развития каркасных схем строительства определяется с помощью рационального решения конструкций элементов, перекрытий, узлов, наружных ограждений.

В целом каркасные конструктивные схемы высотных зданий из-за обилия свободного пространства являются довольно эффективными для объемно-планировочного решения. Свобода планировки минимально ограничена благодаря вертикальным несущим конструкциям, что позволяет увеличить универсальность здания. Также каркасные здания очень удобны в строительстве, в них легко выполнять стеновое заполнение, и свободно устанавливать дверные, оконные проемы и размещение коммуникаций. Каркасные здания применяют для построения зданий и сооружений различных типов: административных, жилых, офисов, гостиниц и торговых зданий.

Обобщение и анализ каркасного строительства высотных зданий позволяет тенденции в его развитии и тем самым выбрать наиболее удобные и рациональные схемы конструктивного решения, которые в дальнейшем можно применять в современном строительстве зданий и сооружений высотного типа.

Литература

1. Маклакова Т.Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования : монография. – М. : Издательство АСВ, 2006. – 160 с.
2. Современное высотное строительство : монография. – М. : ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – 440 с.
3. Козак Ю. Конструкции высотных зданий / пер. с чешского Г.А. Казиной. – М. : Стройздат, 1986. – 308 с.
4. Шуллер В. Конструкции высотных зданий / пер. с английского. – Стройиздат, 1979. – 248 с.
5. Себелева А.А., Леонова А.Н. Стальные каркасы высотных зданий // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 177–184.
6. Леонова А.Н., Розаева Е.В. База данных учебного материала «Конструктивные схемы каркасных зданий» / Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019621270, 15.07.2019. Заявка № 2019621136 от 01.07.2019.
7. Григорьева В.П., Леонова А.Н. Аутригерные конструктивные системы // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 4. – С. 332–336.
8. Махынко А.С., Овсиенко Е.А., Леонова А.Н. Разработка новых конструктивных форм, методом расчета, оптимизации и реконструкции строительных конструкций и сооружений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 339–342.
9. 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.
10. 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. ГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 119–122.

References

1. Maklakova T.G. High-rise buildings. Town planning and architectural design design problems : monograph. – M. : Publishing DIA, 2006. – 160 p.
2. Modern high-rise building : monograph. – M. : GUP Moscomarchitecture ITC, 2007. – 440 p.
3. Kozak Yu. Construction of tall buildings / translation from Czech G.A. Casinos. – M. : Stroiizdat, 1986. – 308 p.
4. Schuller W. Construction of tall buildings : translated from English. – Stroiizdat, 1979. – 248 p.
5. Sebeleva A.A., Leonova A.N. Steel frames of high-rise buildings // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2020. – № 8. – P. 177–184.
6. Leonova A.N., Rozaeva E.V. Database of educational material «Structural schemes of frame buildings» / Certificate of registration of the database RU 2019621270, 15.07.2019. Application № 2019621136 dated 01.07.2019.
7. Grigorieva V.P., Leonova A.N. Outrigger structural systems // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2019. – № 4. – P. 332–336.

8. Makhinko A.S., Ovsienko E.A., Leonova A.N. Development of new structural forms by the method of calculation, optimization and reconstruction of building structures and structures // The science. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 339–342.
9. Leonova A.N. Advantages and disadvantages of the use of 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.
10. 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. GBOU VO «KubSTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 119–122.

УДК 691

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ СТАЛИ



EFFECT OF IMPURITIES ON STEEL STRENGTH

Терехов Леонид Алексеевич

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина
leonidterekhov2001@gmail.com

Романова Анна Сергеевна

студентка факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина
any30082002@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается влияние примесей на прочность стали. Приводится классификация примесей, рассматриваются их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: примеси, легирование, сталь, сера, фосфор, олово, прочность, углерод, термическая стойкость.

Terekhov Leonid Alekseevich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilina
leonidterekhov2001@gmail.com

Romanova Anna Sergeevna

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilina
any30082002@mail.ru

Annotation. The article deals with the effect of impurities on the strength of steel. The classification of impurities is given, their advantages and disadvantages are considered.

Keywords: impurities, alloying, steel, sulfur, phosphorus, tin, strength, carbon, thermal resistance.

3 а последнее десятилетие использование вторичных черных металлов в качестве сырья для производства стали резко возросло. Увеличение использования лома в качестве источника железа привело к резкому увеличению содержания примесей в стали. Методы удаления покрытия не получили широкого распространения при подготовке лома черных металлов, что является одним из основных путей попадания металлических примесей в сталь [1]. Большинство примесей в стали являются металлическими и могут быть классифицированы по трем категориям:

- первичное легирование;
- вторичное легирование;
- случайные элементы.

Легирование – это добавление в состав примесей для изменения (чаще всего улучшения) физических или химических свойств основного материала.

Различие между первичным, вторичным легированием состоит в том, что первое служит для полезной цели в стали, улучшая, по крайней мере, одно из свойств материала, а второе – нет. Общие первичные и вторичные легирующие элементы – это углерод, марганец и кремний, медь, никель, хром и молибден соответственно. Следует отметить, что и фосфор имеет некоторые положительные преимущества для стали, но их отрицательные эффекты сильно перевешивают. Поэтому определение фосфора как попутного элемента все еще считается действительным в сталелитейной промышленности. Из-за регулярного появления примесей как в затвердевшей, так и в расплавленной стали было достигнуто лучшее понимание их прямого или косвенного влияния на качество стали [2, 3]. Если примесь влияет на свойства стали, считается, что она имеет прямое влияние. Прямое воздействие является основным предметом данного отчета.

С другой стороны, если примесь вызывает использование определенных условий, выходящих за рамки обычных норм для выплавки стали, или дает нежелательный побочный продукт, считается, что это несет косвенный эффект.

Первичные легирующие элементы повышают механические свойства стали - как текучесть, так и предел прочности при растяжении, твердость. Они также уменьшают возникновение термической стойкости при горячей обработке. Однако увеличение

прочности компенсируется снижением пластичности, вызванным образованием осадков. Также отрицательно сказывается свариваемость; в частности, кремний снижает обрабатываемость стали. Положительные механические эффекты вторичных легирующих элементов похожи на те, которые перечислены выше для первичных, с дополнительным влиянием на ударную вязкость (за исключением добавок меди). Также повышается усталостная прочность никелевых и молибденовых сплавов.

С химической точки зрения три обычные добавки для нержавеющей стали и медь повышают коррозионную стойкость металла. С другой стороны, отрицательные эффекты, помимо потери пластичности, несколько отличаются для сплавов, содержащих медь. Медь снижает качество поверхности стали.

Сера и фосфор отрицательно влияют на ударную вязкость, усталостную прочность и свариваемость материала. Кроме того, сера, олово, свинец и цинк отрицательно влияют на качество поверхности стали. Олово также снижает пластичность. За исключением фосфора, посторонние элементы резко снижают прочность стали; фосфор обладает замечательной способностью увеличивать свою прочность, твердость и закаляемость [4, 5]. Сера и фосфор являются вредными примесями. Поскольку в сталях допускаются небольшие количества примесей, то их влияние на свойства незначительно. Основным элементом, определяющим механические и технологические свойства стали, является углерод.

Литература

1. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Оценка факторов, влияющих на микромеханизм замедленного разрушения стали с помощью метода конечных элементов // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18. – Вып. 4. – С. 1913–1915.
2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Кинетика и микромеханика замедленного разрушения стали // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 858–861.
3. Мишин В.М., Шиховцов А.А. Локальное замедленное разрушение порошковых сталей, содержащих мартенсит // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 11. – С. 665–666.
4. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 4. – С. 134–135.
5. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Модель зарождения трещины при замедленном разрушении мартенситной стали в водородсодержащих средах // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 5. – С. 116.

References

1. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Evaluation of factors influencing the micromechanism of delayed fracture of steel using the finite element method // Bulletin of TSU. – 2013. – Vol. 18. – Issue. 4. – P. 1913–1915.
2. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Kinetics and micromechanics of delayed fracture of steel // Fundamental research. – 2013. – № 4. – P. 858–861.
3. Mishin V.M., Shikhovtsov A.A. Local delayed fracture of powder steels containing martensite // International Journal of Experimental Education. – 2015. – № 11. – P. 665–666.
4. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Influence of stress concentration on threshold loads during delayed fracture of steel parts // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2013. – № 4. – P. 134–135.
5. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Model of crack initiation during delayed fracture of martensitic steel in hydrogen-containing media // Successes of modern natural sciences. – 2013. – № 5. – P. 116.

УДК 528

УСИЛЕНИЕ КОЛОНН ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПУТЕМ УСТРОЙСТВА ОБОЙМ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ



REINFORCEMENT OF COLUMNS OF BUILDINGS AND STRUCTURES BY DEVICE OF CLIPS FROM COMPOSITE MATERIALS

Токарева Екатерина Александровна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
miss.bewz2017@gmail.com

Куркаева Екатерина Владимировна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
katya.kurkaeva@mail.ru

Березина Анастасия Игоревна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
nastya.berezina.2011@mail.ru

Аннотация. При наличии огромного количества способов усиления конструкций, в последнее время можно наблюдать рост использования прогрессивных материалов. В настоящей статье рассматриваются различные варианты усиления колонн композитными материалами. Приводится сравнение по нескольким параметрам обойм из железобетона, композитов и стали, отмечаются их достоинства и недостатки. Показано влияние различных факторов на эффективность применения обойм из рассматриваемых материалов.

Ключевые слова: колонны, композитные материалы, обойма, усиление, строительные конструкции, несущая способность, жесткость, поперечное сечение.

Tokareva Ekaterina Alexandrovna
Student,
Kuban State Technological University
miss.bewz2017@gmail.com

Kurkaeva Ekaterina Vladimirovna
Student,
Kuban State Technological University
katya.kurkaeva@mail.ru

Berezina Anastasiya Igorevna
Student,
Kuban State Technological University
nastya.berezina.2011@mail.ru

Annotation. With a huge number of ways to strengthen structures, in recent years, we can observe an increase in the use of progressive materials. This article discusses options of reinforcing columns with composite materials. A comparison is made for several parameters of cage made of reinforced concrete, composites and steel, their advantages and disadvantages are noted. The influence of various factors on the efficiency of using cage made of the materials under consideration is shown.

Keywords: columns, composite materials, cage, reinforcement, building structures, load capacity, stiffness, lateral section.

В настоящее время происходит прогрессирующее развитие строительства в мире. Сроки эксплуатации многих зданий в нашей стране превышают допустимые нормы. В следствие этого остаются здания и сооружения, требующие своевременного восстановления, конструкции которых в процессе эксплуатации подверглись физическому и моральному износу. Растет необходимость обеспечения надежности эксплуатации жилых домов, административных и промышленных зданий и сооружений.

Реконструкция в строительной отрасли занимает особое место. Поэтому при рассмотрении вопросов обеспечения безопасности эксплуатации зданий и сооружений широко употребляется термин «усиление строительной конструкции», как комплекс конструктивных мероприятий и технологических работ, направленных на повышение несущей способности и эксплуатационных свойств конструкции.

Наиболее распространенные в мировой практике способы усиления:

- увеличение площади поперечного сечения элементов конструкции;
- изменение конструктивной схемы здания и сооружения или отдельных элементов его, в результате чего меняется расчетная схема;
- использование композитных материалов.

В случае применения в качестве усиления композитных материалов, в сущности, применяется тот же способ увеличения поперечного сечения конструкции. Способ усиления элементов зданий и сооружений композитными материалами заключается в сцеплении последних с железобетонными конструкциями через предварительно под-

готовленную поверхность, что придает им необходимые характеристики и не оказывает практически никакого влияния на изменение веса конструкции [3].

Актуальность их применения объясняется их сравнительно высокой прочностью, большой сопротивляемостью прониканию, стойкостью к механическим повреждениям и к воздействию многих химических веществ. К отрицательным показателям композитных материалов можно отнести: низкую огнестойкость; ухудшение свойств при прямом воздействии ультрафиолетовых лучей; возможное трещинообразование при изменении объема в условиях ограничения свободы деформаций. Огромное влияние на физико-механические свойства этих материалов оказывают температурные изменения окружающей среды. Деформации ползучести характерны при развитии высоких температур.

Важным вопросом, который решается при проектировании конструкций усиленных композитами, является выбор материала, применяемого для данной конструкции. От принятого решения во многом зависит эффективность дальнейшей работы конструкции.

Когда планируется изменение величины нагрузки на здание и сооружение в сторону увеличения, очень часто приходится производить усиление такой конструкции здания или сооружения как колонна. Выполняют это для того чтобы повысить несущую способность и жесткость, а также повысить надежность при землетрясениях и других особых нагрузках. Классически при данных обстоятельствах использовались бы следующие способы усиления:

- охватывание колонны стальными обоймами;
- наращивание поперечного сечения колонны присоединением бетонного или железобетонного элемента.

Применение обоев из композитного материала для усиления колонн стало применяться относительно недавно – в середине 1990-х г.

В том случае, если колонна находится под осевой нагрузкой, композитный материал после достижения пластичности, изменяет деформации в пределах упругой зоны вплоть до разрушения, оказывая увеличивающееся пассивное радиальное давление, что не скажешь о стали, которая создает постоянное радиальное давление на бетонный образец.

При изучении деформаций усиленного бетона композитными материалами было установлено, что на первоначальном этапе протекают изменения аналогичные тому, если бы бетон не был усилен. Но это длится лишь до того как композитная обойма не начнет вызывать появление радиальных напряжений в бетоне. И в тот момент, когда в испытуемом образце будут достигнуты предельные деформации сжатия для материала, обойма, которая охватывает материал, полностью вступает в работу. На данном этапе деформирования элемента диаграмма «напряжение-деформация» становится линейной с углом наклона, пропорциональным жесткости обоймы КМФ [4].

Так же следует отметить разницу в усилении колонн различных форм поперечных сечений. Применение обоев из КМФ для круглой колонны более эффективно, чем для прямоугольной или квадратной из-за концентрации напряжений в углах конструкций. При усилении второго варианта поперечного сечения необходимо скруглять углы разными значениями радиусов, в зависимости от вида применяемого материала.

Обойма из КМФ может состоять из активных или пассивных слоев или их комбинации. Активные слои, то есть преднапряженные, оказывают радиальное давление раньше, нежели пассивные, которые окажут радиальное давление только при расширении бетона колонны при сжатии.

Также следует отметить, что в том случае, когда велика вероятность изменения гибкости элемента, предпочтительнее будет использование композитных материалов арамидных или из стекловолокна. Если же присутствует возможность возрастания эксплуатационной нагрузки рекомендовано применение углеродных композитных материалов [2].

Различают несколько способов усиления колонн из композитных материалов:

- усиление обоймой из КМФ цилиндрической колонны по всей ее длине с расположением волокон композитного материала перпендикулярно продольной оси колонны;
- частичное усиление колонны кольцами из КМФ;

- усиление обоймой из КМФ с произвольным расположением волокон относительно продольной оси колонны;
- усиление колонн некруглой формы поперечного сечения.

При расчете колонн, для которых применяют обоймы из композитных материалов, следует руководствоваться указаниями пунктов 3.47-3.49 СП63.13330. Но обязательно следует ограничивать значения напряжений возникающих в композитах. Они должны быть приняты в % от предельных: для КМФУ (композитные материалы на основе углеродных волокон) – 80 %, КМФА (композитные материалы на основе арамидных волокон) – 70 %, КМФС (композитные материалы на основе стекловолокон) – 30 %. Приведенные ограничения напряжений в композитных материалах взяты из литературных источников [1].

Следует отметить, что при усилении колонн материалами из КМФ жесткость на изгиб увеличивается, и как следствие наблюдается возрастание действия внутренних усилий. В зависимости от того, какой метод усиления принят, а также от того какой формы сечения элемент используется, происходит увеличение действующих усилий в колонне. Этот момент должен быть обязательно принят во внимание при проектировании здания. На диаграмме (рис. 1) наглядно представлено увеличение действующих в колонне продольных сил в зависимости от принятого способа усиления в % к ранее действующим усилиям, а также от формы поперечного сечения колонны.

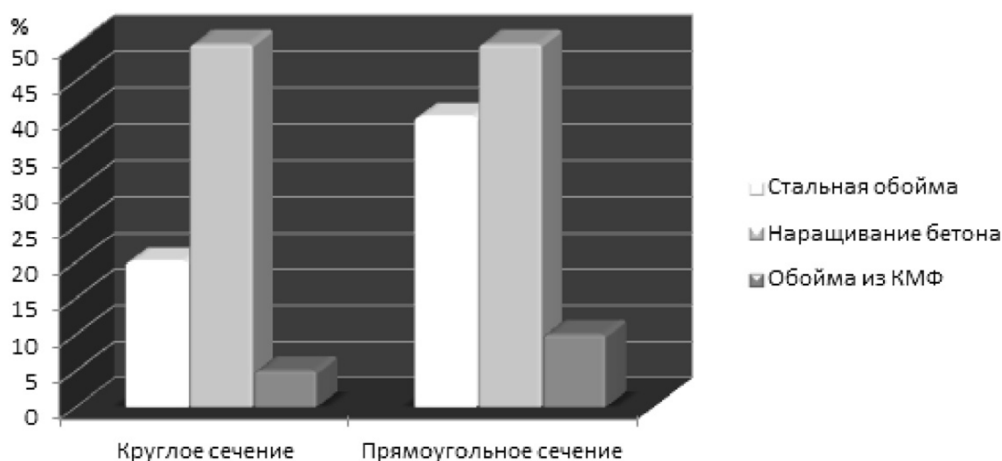


Рисунок 1 – Сравнительное увеличение действующей продольной силы (%) в колонне

Рассмотреть преимущество и недостатки усиления колонн композитными материалами по сравнению с другими способами можно наглядно в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение способов усиления по степени влияния на различные параметры

Способ усиления	Увеличение веса конструкции	Изменение размеров конструкции	Радиальное давление	Увеличение изгибающих усилий	Трудоемкость применения	Коррозия
Обойма из КМФ	+	+	++	+	+	++
Наращивание бетона	–	–	–	—	—	+/-
Стальная обойма	–	–	–	–	—	—

«+» – хорошо; «–» – плохо; «++» – очень хорошо; «—» – очень плохо; «+/-» – нейтрально.

Преимущества использования композитных материалов для усиления колонн обоймами очевидны из результатов таблицы 1 в сравнении с другими. Мы имеем увеличение запаса гибкости элемента при минимальном увеличении изгибающих усилий.

Если же мы применяем стальные обоймы, то коррозионное воздействие, особенно если мы работаем в условиях повышенной агрессивности среды, в той или иной мере нейтрализует эффект усиления. А также деформационные характеристики стали

и бетона имеют некоторую несовместимость. И таким образом, альтернативным способом усиления становится обоймы из КМФ [5].

Не маловажным преимуществом композитных материалов является их технологичность. В условиях функционирующего производства время простоя оборудования значительно уменьшается. И ко всему перечисленному, обоймы из КМФ имеют сравнительно не большую толщину.

Поэтому в каждом конкретном случае стоит изучить все факторы, которые так или иначе влияют на выбор материала для усиления конструкции, для того чтобы выбранный способ оказался максимально эффективным.

Литература

1. Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M. Seismic design and retrofit of bridges. – 1996. – P. 78.
2. Леонова А.Н., Софьяников О.Д., Кривенкова Т.В. Особенности усиления строительных конструкций композитными полимерными материалами в условиях высоких и низких температур // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 64–69.
3. Таровик В.В., Леонова А.Н. Современные способы усиления строительных конструкций углеродными композитными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – 2015. – С. 75–79.
4. Леонова А.Н., Курочка М.В. Структурные дефекты в пространственно-армированных композитах и их влияние на свойства материалов // В сборнике: Девелопмент и инновации в строительстве. Сборник статей Международного научно-практического конгресса. – 2018. – С. 132–136.
5. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.

References

1. Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M. Seismic design and retrofit of bridges. – 1996. – P. 78.
2. Leonova A.N., Sofyanikov O.D., Krivenkova T.V. Peculiarities of reinforcement of building structures with composite polymeric materials at high and low temperatures // Prospects of Science. – 2019. – № 5 (116). – P. 64–69.
3. Tarovik V.V., Leonova A.N. Modern methods of strengthening building structures with carbon composite materials // In the collection: Actual issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Second All-Russian Scientific and Practical Conference. – 2015. – P. 75–79.
4. Leonova A.N., Kurochka M.V. Structural defects in spatially reinforced composites and their influence on the properties of materials // In the collection: Development and innovation in construction. Collection of articles of the International Scientific and Practical Congress. – 2018. – P. 132–136.
5. 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.

УДК 664.681.9 : 663.549

**ВОЗВРАТНЫЕ ОТХОДЫ БИСКВИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ
КАК ВТОРИЧНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**



**RETURNABLE WASTE OF BISCUIT PRODUCTS
AS SECONDARY RAW MATERIALS OF ALCOHOL PRODUCTION**

Триандофилиди Юрий Сергеевич

аспирант 2-го курса,
кафедра технологии хранения и
переработки растениеводческой продукции
факультета перерабатывающих технологий,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
2237215@mail.ru

Ольховатов Егор Анатольевич

кандидат технических наук, доцент ВАК, член-корр. РИА,
доцент кафедры технологии хранения и
переработки растениеводческой продукции,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
olhovatov_e@inbox.ru

Аннотация. Приведены сведения о степени востребованности бисквитных изделий потребителями. Рассмотрен вопрос утилизации возвратных отходов бисквитов с получением этилового спирта высокого качества. Показана потенциальная возможность дальнейшего использования получаемого спирта в основном производстве.

Ключевые слова: возвратные отходы, бисквитные изделия, вторичные сырьевые ресурсы, спиртовое производство.

Triandofilidi Yury Sergeevich

2nd year Postgraduate Student,
Department of Storage Technology
and Processing of Crop Products
Faculty of Processing Technologies,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
2237215@mail.ru

Olkhovатов Egor Anatolievich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Higher
Attestation Commission,
Corresponding Member. RIA,
Associate Professor, Department of
Storage Technology and
Processing of Crop Products,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
olhovatov_e@inbox.ru

Annotation. The information about the degree of demand for biscuit products by consumers is given. The issue of recycling of returnable biscuit waste with the production of high-quality ethyl alcohol is considered. The potential possibility of further use of the resulting alcohol in the main production is shown.

Keywords: returnable waste, biscuit products, secondary raw materials, alcohol production.

Бисквиты – это яркие представители такой обширной товарной группы, как мучные кондитерские изделия. Они имеют особенностью, будучи вполне доступными и, казалось бы, повседневными продуктами, способность являть собой яркий акцент каждого чаепития и имеют решающую роль в удачном завершении любой трапезы. Поскольку со стороны потребителя имеется стабильный запрос на бисквитные изделия, то наука и производство стремятся удовлетворить имеющийся спрос, выводя на рынок всё новые и новые продукты с оригинальными свойствами и неизменно здоровым началом. Потребительские свойства бисквитов, как и любых других пищевых продуктов, формируются, прежде всего, показателями качества и безопасности, которые могут быть обеспечены внедрением концепции НАССР и ее работоспособностью на данном конкретном предприятии [1]. Качество во многом зависит от свежести продукта и способности изделий сохранять её в течение длительного срока. Свежесть определяется наличием в продукте свободной и связанной влаги, что напрямую связано с присутствием в составе продукта веществ, обладающих влагосвязывающей способностью, каковым, в частности, является крахмал, вносимый в бисквиты с пшеничной мукой. Кроме этого, бисквитное тесто богато белком и сахарами, что делает его, наряду с высоким показателем активности воды, благоприятной средой для развития микроорганизмов, вызывающих порчу продукции. Безопасность же обеспечивается микробиологической стерильностью, а также отсутствием солей тяжёлых металлов, радионуклидов и токсинов [2], что регламентирует Технический Регламент Таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011.

Сохранению исходной влажности бисквитных изделий призвана служить индивидуальная упаковка из полимерных плёнок. Микробиологическую стабильность должны обеспечивать консерванты, входящие в рецептуру продукта. Однако ввиду того, что при высоком значении показателя активности воды в составе бисквитов присутствует такой благоприятный субстрат как белки и углеводы, они являются благоприятной средой для развития патогенной микрофлоры, прежде всего, плесневых грибов. А безопасные количества консервантов, регламентируемые Техническим Регламентом Таможенного Союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» ТР ТС 029/2012, не способны на длительный срок обеспечить требуемую безупречную сохранность вырабатываемых изделий [3].

В связи с этим, в условиях реального производства ООО «Кондитерская фабрика «Виктория» (г. Белореченск) возникают немалые трудности, сопряжённые с обеспечением качества и безопасности производимых бисквитов. Стремление изготовителя оптимизировать количество вносимых консервантов с целью обеспечения химической безопасности продукции сопряжено с немалым риском развития опасности микробиологического характера. В условиях таких «качелей» добиться высоких результатов, на которые нацелено наше предприятие, бывает порой весьма непросто.

Проведённые исследования и предложенная на основании полученных результатов технологическая схема рациональной утилизации возвратных отходов бисквитных изделий с получением этилового спирта надлежащего качества является потенциальным решением охарактеризованной проблемы, поскольку позволяет вторично использовать некондиционную продукцию, в результате её переработки получая пищевой этиловый спирт, который может быть использован в качестве дезинфицирующего и консервационного средства.

При этом, рациональное использование получаемых в ходе основного производства отходов позволяет сформировать малоотходную технологию, что максимально выгодно предприятию, поскольку с одной стороны, это способствует снижению затрат на производство основного целевого продукта и способно снизить его итоговую стоимость при одновременном получении дополнительной выгоды от рациональной утилизации с получением полезной пищевой продукции [4]. С другой стороны, при снижении количества твёрдых бытовых отходов, формируемых в том числе и отходами основного производства, снижается нагрузка на окружающую среду и сокращаются экологические выплаты предприятием государству [5]. Примером рационального подхода к утилизации вторсырья могут послужить технологии, предложенные для виноградовинодельческой [6, 7] и маслосебяющей [8] отраслей пищевой индустрии.

Принципиальная операционная схема утилизации возвратных отходов производств бисквитных изделий приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема утилизации возвратных отходов производств бисквитных изделий с получением этилового спирта

Аппаратурное оформление процесса получения спирта из отходов производства бисквитных изделий в условиях малого предприятия, изображённое на рис. 2, весьма несложно и представляет собой ёмкость с нагревом и мешалкой (а) для осуществления разжижения, осахаривания и сбраживания полученного сусла, перегонный куб с паровым обогревом (б) и бражная колонна непрерывного действия (в).



Рисунок 2 – Аппаратурное оформление процесса получения спирта из отходов производства бисквитных изделий в условиях малого предприятия

Получаемый этиловый спирт исследован на соответствие нормативной документации по органолептическим и физико-химическим свойствам.

В результате установлено, что продукт, получаемый при утилизации возвратных отходов бисквитных изделий, обладает органолептическими и физико-химическими характеристиками, значения которых находятся в пределах, допустимых нормативной документацией на такие виды продукции, как спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья (ГОСТ 5962-2013) и дистилляты зерновые (ГОСТ 33723-2016). Что делает его пригодным к применению на пищевые цели и в качестве основного или вспомогательного дезинфицирующего средства кондитерского производства.

Литература

1. Донченко Л.В., Ольховатов Е.А., Решетняк А.И. Концепция HACCP на малых и средних предприятиях : учеб. пособие. – Краснодар : Куб ГАУ, 2012. – 183 с.
2. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции : учеб. для академического бакалавриата : 3-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – Ч. 1. – 264 с.
3. Донченко Л.В., Надыкта В.Д. Безопасность пищевой продукции : учеб. для академического бакалавриата : 3-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – Ч. 2. – 261 с.
4. Хатко З.Н. Обоснование необходимости разработки научно-технических основ утилизации растительных отходов и создания новых видов продукции функционального назначения, обеспечивающих экспортный потенциал // Новые технологии. – 2015. – № 4. – С. 48–52.
5. Анализ фактического состояния отходов хлебопекарного производства и определение критериев отнесения отходов классу опасности для окружающей среды / В.В. Мартиросян [и др.] // Хлебопечение России. – 2018. – № 2. – С. 10–14.
6. Kasyanov G., Davydenko T. High-tech processing of secondary resource of wine making // Пищевая наука и технология. – 2017. – Vol. 11. – № 1. – P. 75–80.
7. Derevenko V., Kasyanov G., Pylypenko L. Studying the properties of grape pomace as of an object of drying // Пищевая наука и технология. – 2018. – Vol. 12. – № 2. – P. 39–45.
8. Secondary plant resources as prospective unconventional sources of pectic substances / M. Aider [et al.] // Пищевая наука и технология. – 2018. – Vol. 12. – № 4. – P. 63–71.

References

1. Donchenko L.V., Olkhovатов E.A., Reshetnyak A.I. The concept of HACCP in small and medium-sized enterprises: textbook. allowance. – Krasnodar : Kub GAU, 2012. – 183 p.

2. Donchenko L.V., Nadykta V.D. Food safety: textbook. for academic undergraduate studies: 3rd ed., rev. and additional – M. : Yurayt, 2018. – Part 1. – 264 p.
3. Donchenko L.V., Nadykta V.D. Food safety: textbook. for academic undergraduate studies: 3rd ed., rev. and additional – M. : Yurayt, 2018. – Part 2. – 261 p.
4. Khatko Z.N. Substantiation of the need to develop scientific and technical foundations for the utilization of plant waste and the creation of new types of functional products that provide export potential // *New technologies*. – 2015. – № 4. – P. 48–52.
5. Analysis of the actual state of bakery waste and the definition of criteria for classifying waste as a hazard class for the environment / V.V. Martirosyan [et al.] // *Bakery of Russia*. – 2018. – № 2. – P. 10–14.
6. Kasyanov G., Davydenko T. High-tech processing of secondary resource softwine making // *Food science and technology*. – 2017. – Vol. 11. – № 1. – P. 75–80.
7. Derevenko V., Kasyanov G., Pylypenko L. Studying the properties of grape pomace as of an object of drying // *Food science and technology*. – 2018. – Vol. 12. – № 2. – P. 39–45.
8. Secondary plant resources as prospective unconventional sources of pectic substances / M. Aider [et al.] // *Food science and technology*. – 2018. – Vol. 12. – № 4. – P. 63–71.

УДК 528.721.221.6

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ
НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ТРЕХМЕРНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**



**REAL ESTATE MODELING SOFTWARE BASED
ON THREE-DIMENSIONAL LASER SCANNING DATA**

Чичиков Данил Игоревич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
danil.chichikov@yandex.ru

Гура Дмитрий Андреевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет
доцент кафедры геодезии,
Кубанский государственный аграрный университет
gda-kuban@mail.ru

Дражецкий Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный технологический университет
drazhetsky@mail.ru

Панченко Екатерина Анатольевна

студент,
Кубанский государственный технологический университет
catepanchenko@gmail.com

Аннотация. Лазерное сканирование уже много лет успешно применяется в различных сферах. Его главным преимуществом является получение детальной информации об объекте. В данной статье рассмотрены проблемы двухмерного представления объектов, преимущества использования лазерного сканирования для перехода к трёхмерному представлению. Сделан обзор программных продуктов Leica Cyclone, Autodesk Revit и Bentley Micro Station. Также авторами статьи предлагается концепция специализированной интеллектуальной системы поддержки принятия решений для модернизации процесса обработки полученных данных.

Ключевые слова: объект недвижимости, лазерное сканирование, Leica Cyclone, Autodesk Revit, Bentley Micro Station, моделирование, интеллектуальная система.

Chichikov Danil Igorevich

Student,
Kuban State Technological University
danil.chichikov@yandex.ru

Gura Dmitry Andreevich

Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor of the Cadastral and
Geoengineering Department,
Kuban State Technological University,
Assistant Professor of
the Geodesy Department,
Kuban State Agrarian University
gda-kuban@mail.ru

Drazhetsky Daniil Andreevich

Student,
Kuban State Technological University
drazhetsky@mail.ru

Panchenko Ekaterina Anatolevna

Student,
Kuban State Technological University
catepanchenko@gmail.com

Annotation. Laser scanning has been successfully used in various fields for many years. Its main advantage is to obtain detailed information about the object. This article discusses the problems of two-dimensional representation of objects, the advantages of using laser scanning to switch to a three-dimensional representation. An overview of Leica Cyclone, Autodesk Revit and Bentley MicroStation software products is made. The authors of the article also propose the concept of a specialized intelligent decision support system for modernizing the process of processing the data obtained.

Keywords: real estate, laser scanning, Leica Cyclone, Autodesk Revit, Bentley MicroStation, modeling, intelligent system.

Согласно Гражданскому кодексу Российской Федерации, к недвижимому имуществу принято относить земельные участки, участки недр и все, что прочно связано с землей, то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно [1].

При распоряжении любым объектом недвижимости и совершении сделки с ним необходимой составляющей является государственная регистрация прав (ГРП). Она осуществляется посредством внесения в ЕГРН записи о праве на недвижимое имущество. Также еще одной важной частью является государственный кадастровый учет (ГКУ) [2].

Существующая система ГКУ и ГРП основана на двухмерном представлении объектов. Однако этот подход не может описать все ситуации, возникающие в реальном трехмерном пространстве, что может вызывать некоторые проблемы. Рассмотрим некоторые из них:

1) отсутствие точных сведений о вертикальном делении объектов вызывает сложности регистрации и кадастрового учета многоуровневых комплексов, включающих объекты недвижимости, принадлежащие различным собственникам;

2) получение данных и отображение подземных зданий, сооружений и коммуникаций вызывает проблемы, так как объекты могут пересекать множество земельных участков разных собственников;

3) отсутствие пространственных данных у таких надземных сооружений, как мосты и туннели вызывает сложности регистрации и кадастрового учета [3].

Развитие цифровых технологий приводит к смене привычным двумерным формам представления данных об окружающем мире современные трехмерные модели любых объектов. Ключевым шагом для перехода к трехмерным моделям стало использование технологии лазерного сканирования. Съёмка объектов при помощи лазерного сканирования является самым точным методом по полноте и подробности собираемой информации. Лазерное сканирование позволяет проводить съёмку в темное время суток, а также в условиях плохой видимости [4].

Лазерное сканирование подразделяется на 3 вида: наземное, мобильное и воздушное. Наземное лазерное сканирование является идеальным вариантом для съёмки отдельных объектов недвижимости. За счет большой скорости и плотности съёмки (может достигать до 2 000 000 т/сек.), наземное лазерное сканирование позволяет получить детальную съёмку фасада здания, данные которой могут приняты в различных целях. Мобильное лазерное сканирование лучше всего подходит для съёмки протяженных объектов, например, автомобильная дорога. Воздушное лазерное сканирование в основном применяется для создания цифровой модели рельефа. Это вид сканирования может проводиться, как с пилотируемых летательных аппаратов, так и с беспилотных (БПЛА). Важным преимуществом является возможность проводить съёмку на труднодоступных территориях [5–6].

Применение лазерного сканирования не ограничивается созданием отдельных 3D-объектов. Полученные данные могут пригодиться при внедрении 3D-кадастра в России, так как существующая модель больше неактуальна [7].

Результатом съёмки является огромный массив данных (трёхмерное облако точек) с набором характеристик для каждой точки. Обработка данных, полученных при помощи лазерного сканирования, происходит при помощи специализированного программного обеспечения. Работа с точками лазерного отражения состоит из двух этапов: предобработка данных, полученных при помощи лазерного сканирования, и векторизация, и создание 3D-модели. На сегодняшний день в большинстве стран используется следующее программное обеспечение: Leica Cyclone, Bentley Micro Station, Autodesk Revit, Bentley Building Designer, Tekla Structures, Graphisoft Archicad, MagiCad. В настоящее время наибольшее распространение получили Leica Cyclone, Autodesk Revit и Bentley Micro Station. Далее эти программные продукты будут освещены подробнее:

1. Leica Cyclone и его виды

Это эталонное программное обеспечение в области моделирования и визуализации трехмерных данных, является одним из самых распространенных в мире.

Важным преимуществом Leica Cyclone являются инструменты трехмерного моделирования, при помощи которых программа в автоматическом режиме встраивает геометрические элементы в облака точек. Контроль качества встраивания дает пользователю возможность оценивать точность моделирования.

Cyclone наиболее универсальная программа для обработки облаков точек и управления специализированным геодезическим оборудованием. Программа состоит из отдельных модулей, которые встраиваются в единую программную оболочку. Модули предназначены для решения отдельных задач общего процесса обработки данных трехмерного лазерного сканирования.

Рассмотрим некоторые из них:

1) Cyclone-Scan – это модуль, предназначенный для управления работой лазерного сканера. Пользователь может сам настроить различные параметры, например плотность сканирования, фильтрацию данных, создавать собственные макрокоманды и сканировать;

2) Cyclone-Register имеет функции для быстрого и точного уравнивания облаков точек, сделанных с различных станций съемки. Программа автоматически распознает стандартные визирные марки, а также связывает сканы по характерным связующим точкам без визирных марок;

3) Cyclone-Model позволяет обрабатывать облака точек, превращая их в объекты для экспорта и импорта в системы автоматизации проектных работ (САПР). Этот модуль включает все необходимые функции для создания планов и чертежей, а также содержит инструменты по трехмерному моделированию промышленных и гражданских объектов [8].

Полученные данные экспортируются в традиционные САПР и используются для решения задач реконструкции производств, при геодезических изысканиях, в архитектуре и строительстве. Главным преимуществом данного программного обеспечения является присвоение семантических данных объектам, что позволяет создавать базы данных без привлечения дополнительного программного обеспечения.

2. Autodesk Revit

Многопрофильный программный продукт Autodesk Revit на основе технологии BIM, также является очень популярным. Используется для создания чертежей планов, разрезов, фасадов и одновременного автоматического построения информационной модели здания способом ручной обводки контура «облака точек»

Revit имеет огромный набор функций и инструментов, которые позволяют упростить значительно работу над проектом. Особенностью Revit здесь можно выделить возможности группировки и привязки объектов. Можно выделить следующие преимущества программы:

- шаблоны, в которые можно добавлять собственные объекты, повторяющиеся в проекте.
- возможность создать объекты под свои нужды, и использовать их позже.
- возможность работы с аналитической моделью.
- программа также предоставляет возможности расчета простых конструкций
- Общая совместимость с другими продуктами компании, что позволит при необходимости продолжить работу над проектом в другом ПО, для более качественной проработки [9].

Недостатком этого программного обеспечения является отсутствие предварительной обработки данных лазерного сканирования.

3. Bentley Micro Station

Bentley Micro Station позволяет просматривать, моделировать, работать с документами и визуализировать данные проектов любого размера и сложности. Надежная технология Micro Station позволяет легко заниматься проектированием, строительством и эксплуатацией.

Продукты Micro Station обеспечивают эффективность и универсальность для высокоточного просмотра, моделирования, документирования, и визуализации 2D и 3D данных различных форматов для специалистов любой отрасли и инфраструктурных проектов любого типа и масштаба [10].

Для работы с данными лазерного сканирования в Micro Station финской компанией Terra solid разработан целый комплекс плагинов, в качестве примера можно привести Terra Scan, применяемый для классификации и моделирования [10].

Эти три программных продукта, часто используются геодезистами и специалистами по лазерному сканированию. Авторами статьи предлагается создать интеллектуальную систему «SWGeo», которая объединит рассмотренные программные продукты в одной программе и автоматически определит необходимость использования того или иного программного продукта в зависимости от заданного запроса, путем анализа поступающей информации.

Была разработана концепция работы интеллектуальной системы поддержки принятия решений, включающая в себя 3 этапа:

1 Этап – сбор и обработка необходимой информации:

- определение цели обработки данных;
- выбор подходящего программного обеспечения;
- обработка полученного облака точек в специализированном программном обеспечении;

- составление на основе полученной модели картографического материала.

2 Этап – внедрение полученных результатов в предлагаемую интеллектуальную систему:

- разработка структуры информации базы данных платформы;
- ввод данных, полученных путем лазерного сканирования;
- заполнение необходимой графической и семантической информацией баз данных.

3 Этап – апробация предлагаемой интеллектуальной системы.

По результатам апробации необходимо определить периодичность обновления информации, а также обеспечить своевременную подгрузку обновлений ПО.

Заключение

Таким образом, практическая значимость исследования определяется тем, что полученные результаты могут быть использованы разработчиками систем мониторинга, геодезистами, специалистами по лазерному сканированию для надзорных и контрольных органов Российской Федерации в целях модернизации и оптимизации процесса апробации получаемых данных.

Благодарность: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00849

Литература

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 N 51-ФЗ (ред. от 21.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 29.12.2021) Источник: справочная правовая система «Консультант Плюс». – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/0357f6ec88e3d6d7616956dbeb6b6a07e2b393dd/
2. Федеральный закон от 13.07.2015 N 218-ФЗ (ред. от 06.12.2021) О государственной регистрации недвижимости «Источник: справочная правовая система «КонсультантПлюс» : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/b6cb723e03231cd3029bbe4a271c3554c68ab85f/
3. Кошко А.А. Техническая модель реализации 3D-кадастра в России // Молодой ученый. – 2014. – № 11 (70). – С. 59–61.
4. Гура Д.А., Дубенко Ю.В., Марковский И.Г. Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры с применением сканирующих технологий // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – Вып. 2 (88). – С. 74–86. – DOI : 10.25257/TTS.2020.2.88.
5. Реджепов М.Б., Колесникова С.А. Анализ применения наземного и воздушного лазерного сканирования // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства. – 2019. – С. 292–300.
6. Гура Д.А., Марковский И.Г. Устойчивое развитие городских территорий на основе применения технологии трехмерного лазерного сканирования // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. – 2019. – С. 226–232.
7. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Акопян Г.Т. Актуальность внедрения 3D-кадастра в России // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2020. – №8 (187). – С. 43–49.
8. Огурцова А. Исследование программного обеспечения для обработки данных наземного лазерного сканирования и создание 3D моделей объектов – 29.09.2021. – URL : <https://photogrammetria.ru/94-programmnoe-obespechenie-ispolzuesemoe-dlya-obrabotki-dannyh-skanirovaniya.html>
9. Кому нужен Autodesk Revit? – 31.07.2020. – URL : <https://softlist.biz/articles/komu-nuzhen-autodesk-revit/>
10. Медведев В.И., Райкова Л.С. Программы для обработки данных лазерного сканирования местности // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2017. – № 2 (9). – С. 10–31. – DOI : 10.17273/CADGIS.2017.2.2

References

1. The Civil Code of the Russian Federation (part one) dated 30.11.1994 N 51-FZ (as amended on 21.12.2021) (with amendments and additions, entering into force on 29.12.2021) Source: reference legal system «Consultant Plus». – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/0357f6ec88e3d6d7616956dbeb6b6a07e2b393dd/
2. The Federal Law dated 13.07.2015 N 218-FZ (as amended on 06.12.2021) «On State Registration of Real Estate» Source: Reference legal system «Consultant Plus» . – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/b6cb723e03231cd3029bbe4a271c3554c68ab85f/
3. Koshko A.A. Technical model of implementation of 3D-cadastre in Russia // Young scientist. – 2014. – № 11 (70). – P. 59–61.
4. Gura D.A., Dubenko Y.V., Markovsky I.G. Monitoring of transport infrastructure objects with the use of scanning technologies // Technologies of technospheric safety. – 2020. – Вып. 2 (88). – P. 74–86. – DOI : 10.25257/TTS.2020.2.88. pp. 74-86.
5. Rejepov M.B., Kolesnikova S.A. Analysis of the application of ground and air laser scanning // Actual problems of land management, cadastre and environmental engineering. – 2019. – P. 292–300.
6. Gura D.A., Markovsky I.G. Sustainable development of urban areas based on the use of three-dimensional laser scanning technology // Modern problems and prospects for the development of land and property relations. – 2019. – P. 226–232.
7. Gura D.A., Shevchenko G.G., Hakobyan G.T. Relevance of the introduction of 3D-cadastre in Russia // Land management, cadastre and monitoring of land. – 2020. – №8 (187). – P. 43–49.
8. Ogurtsova A. Research of software for data processing of ground laser scanning and creation of 3D models of objects – 29.09.2021. – URL : <https://photogrammetria.ru/94-programmnoe-obespechenie-ispolzuemoe-dlya-obrabotki-dannyh-skanirovaniya.html>
9. Who needs Autodesk Revit? – 31.07.2020. – URL : <https://softlist.biz/articles/komu-nuzhen-autodesk-revit/>
10. Medvedev V.I., Raikova L.S. Programs for processing data of laser scanning of the terrain // CAD and GIS of highways. – 2017. – № 2 (9). – P. 10–31. – DOI : 10.17273/CADGIS.2017.2.2

УДК 69.059

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ФАСАДОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ



MODERN MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR FINISHING FACADES DURING RECONSTRUCTION

Шишковская Ольга Александровна

студент

института строительства и транспортной инфраструктуры,
Кубанский государственный технологический университет
yaha337@yandex.ru

Винникова Дарья Дмитриевна

студент

института строительства и транспортной инфраструктуры,
Кубанский государственный технологический университет
79282489254@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены различные варианты фасадов зданий при проведении реконструкции, в том числе применение навесных вентилируемых фасадов. Далее рассмотрим, стеклофибробетон, «прозрачный» бетон, навесные фасадные панели.

Ключевые слова: реконструкция фасадов, стеклофибробетон, фасадные панели, материалы.

Shishkovskaya Olga Alexandrovna

Student of the Institute of Construction and
Transport Infrastructure,
Kuban State Technological University
yaha337@yandex.ru

Vinnikova Daria Dmitrievna

Student of the Institute of Construction and
Transport Infrastructure,
Kuban State Technological University
79282489254@yandex.ru

Annotation. The article presents various options for building facades during reconstruction, including the use of hinged ventilated facades. Next, let's consider GRC, «transparent» concrete, hinged facade panels.

Keywords: reconstruction of facades, glass fiber concrete, facade panels, materials.

Каждое здание со временем теряет свою внешнюю привлекательность. Фасады в большей степени подвержены влиянию окружающей среды. Разрушающее воздействие на фасад оказывают климатические условия, что сказывается на отделке здания. Особенно это касается зданий, представляющих культурную и историческую ценность. Фасад таких сооружений является отражением предыдущей эпохи. К тому же от качества фасада зависит и безопасность сооружения. Если они разрушаются, могут нанести вред здоровью и жизни людей. Чтобы этого не произошло, фасад всегда должен поддерживаться в хорошем состоянии.

Когда речь заходит о реконструкции фасадов, должны решаться задачи:

- обеспечение высоких эксплуатационных характеристик зданий;
- долговечность фасадных элементов;
- надежность зданий;
- восстановление внешнего вида здания.

Важно подобрать материалы и качественно выполнить все необходимые операции, но и сохранить уникальный стиль дома, придав в последствии ему обновленный вид правильно подобранными элементами декора.

К таким материалам относится например стеклофибробетон, который обладает высокой прочностью на растяжение и сжатие, устойчивостью к температурным, химическим и механическим воздействиям. С помощью данного материала можно воспроизвести любые формы, он легко поддается окраске и сохраняет внешнюю привлекательность на протяжении долгих лет. Именно поэтому производимые из него элементы легко крепятся на фасаде и обеспечивают его защиту.

Стеклофибробетон – бетон, но армированный щелочестойким стекловолокном, равномерно рассредоточенным по всему объему мелкозернистой бетонной матрицы. Он надежен, легок (не требует железной арматуры), разнообразен – что делает этот отделочный материал все более популярным в архитектуре разных направлений.

Такая обширная сфера применения данного материала связана в первую очередь с его уникальными свойствами. В стеклофибробетоне растягивающие напряжения принимают на себя стеклянные волокна, что существенно повышает сопротивление композита растяжению и изгибу, а также увеличивает ударную прочность примерно в 10–15 раз. Одновременно увеличивается и срок эксплуатации изделий.

Стеклофибробетон обладает высокой стойкостью к образованию трещин, к тому же он водонепроницаем, морозостоек и негорюч. Все изделия из стеклофибробетона не подвержены коррозии и гниению. Все это позволяет использовать материал при строительстве школ и детских садов, где стеклопластик, полимербетон или пенополистирол строго запрещены.

Еще одно преимущество материала – вес, который намного меньше веса изделий из традиционного железобетона (как правило, это 10 % от веса железобетона). Что существенно облегчает процесс транспортировки и монтажа конструкций, а также снижает стоимость изготовления, а следовательно – и расходы на строительство в целом.



Рисунок 1 – Фасад здания

Вентилируемый фасад имеет несколько неоспоримых достоинств:

1. Вентиляция, создаваемая естественным образом, способствует образованию в помещении комфортного микроклимата.
2. Утеплитель сохраняет свойства теплоизоляции на протяжении всего срока использования.
3. Попадающая в вент фасад влага удаляется через дренаж.
4. Система фасада создается на основе устойчивых к огню материалов.
5. Вент фасад является шумопоглощающей конструкцией, поэтому особенно незаменим при отделке городских зданий.

Особенности устройства вентфасадов

- узлы внутреннего и внешнего угла здания;
- узлы установки металлического кронштейна к фасаду;
- узлы монтажа панелей к кронштейнам наружной стены здания;
- узлы откоса окна;
- узлы цокольной части здания;
- узлы монтажа отсечки пожарной безопасности.

Система представляет своеобразный пирог из слоев, среди которых утеплитель, облицовочный слой и обрешетка.

Система вентфасада защищает здание от образования разрушающего конденсата, негативных воздействий окружающей среды, сохраняет тепло, дает хорошую звукоизоляцию. При этом воздух в здании не застаивается и оно продолжает «дышать».

Керамогранит подходит для монтирования вентилируемого фасада гостиниц, финансовых учреждений, университетов, частных домов, торговых и развлекательных центров.



Рисунок 2 – Как устроен вентилируемый фасад

На подготовленную стену крепят на кронштейны под каркас, на который впоследствии будет распределена вся нагрузка. Пока каркас еще не смонтирован между кронштейнами прокладывают плиты теплоизоляционного материала и покрывают всю конструкцию паропроницаемой пленкой. После начинают монтаж каркаса. Он может быть сделан из деревянных брусков или металлического профиля, в зависимости от веса. Для керамогранита обычно выбирают алюминиевый или гофрированный оцинкованный профиль. На готовый каркас навешивают плиты облицовочного материала.

Поэтапное описание монтажа вентфасада

Прежде всего необходимо составить проект будущего фасада с учетом состояния стен и фундамента здания на данный момент, степени его износа, вертикальных и горизонтальных отклонений уровня стен.

После анализа состояния сооружения рассчитывают, размер подходящей плитки. Она должна быть кратной по ширине фасада здания, с учетом припусков на разницу в размерах плит (допустимое отклонение от эталона 10 мм) и швы.

Одновременно с подготовкой проекта начинают работы по подготовке стен к монтажу: заделывают все трещины в стенах и покрывают их специальным составом для избавления от грибка. По мере готовности проекта и стен, расчерчивают по направляющим или выставляют маячки в места крепления каркаса.

Монтаж вентфасада начинается с крепления кронштейнов. Чтобы из-за них не образовывались «мостики холода» между кронштейном и стеной прокладывают слой тонкой утеплительной пленки, через которую вкручивают анкерный болт.

Выбор и монтаж утеплителя

Когда все кронштейны установлены, можно начинать укладку теплоизоляционного слоя.

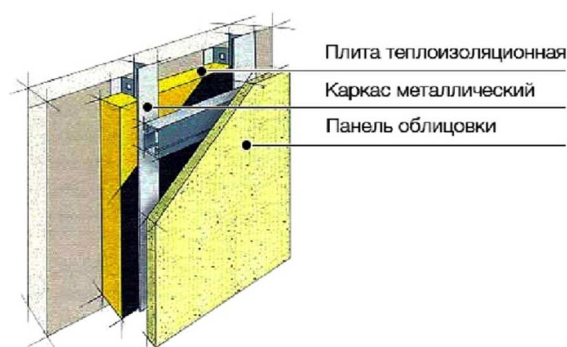


Рисунок 3 – утеплитель вентилируемого фасада

Утеплитель для вентилируемого фасада должен:

- пропускать пар, чтобы между ним и стеной не образовывался конденсат;
- снижать потери тепла в окружающую среду;
- не впитывать в себя влагу или не деформироваться при высыхании.

Для вентфасадов наиболее подходящий материал – базальтовая вата. Она пожаробезопасная, не слеживается со временем, и паропроницаемая.

Во время монтажа плиты утеплителя укладывают горизонтальными рядами, с каждым рядом немного смещая вертикальные швы. Первоначально их фиксируют двумя дюбелями с шапкой в форме зонтика на одну плиту. После укладки утеплителя его покрывают слоем пленки, защищающей от ветра. Укладывают ее горизонтальными полосами, делая нахлест на предыдущий ряд примерно 10 см. Окончательно закрепляют теплоизоляционный слой пятью дюбелями-зонтиками на плиту утеплителя.

Монтаж каркаса для вентфасада

После того как теплоизоляционный слой закреплен, можно приступать к креплению направляющих.

Чаще всего направляющие к кронштейнам крепят комбинированным способом одновременно в вертикальной и горизонтальной плоскости. Такой способ крепления позволяет равномерно распределять все нагрузки относительно изгибов и сжатия облицовочного материала.

Существует два способа комбинированного крепления:

1. Сначала крепят вертикальные направляющие, а потом горизонтальные. Способ подходит для толстого керамогранита, снижает нагрузку на крепление, позволяет использовать скрытое крепление. Минус способа – появляются преграды для циркуляции воздуха по вертикали.

2. К горизонтальным крепят вертикальные направляющие. В этом случае практически вся нагрузка приходится на вертикальные направляющие, преграды для вертикальной циркуляции не создаются. Минус способа – нужно использовать больше металла, стоимость его дороже.

Крепление керамогранитных плит

Керамогранитные плиты крепят к каркасу двумя способами – скрытым и открытым.

При скрытом креплении плиты можно крепить на специальный клей к вертикальным профилям, на штифты в прорези на торцах плит, на дюбеля. В качестве открытого крепежа используют заклепки, саморезы или клеммеры. Чтобы скрыть видимые части крепления, нужно закрасить их эмалью в цвет керамогранитных плит. Монтаж керамогранитных плит нужно начинать снизу вверх, слева направо.

Преимущества облицовки фасада керамогранитом:

Одно из преимуществ вентилируемого фасада – его эстетичный внешний вид. Большой выбор цветовых решений, разнообразная текстура поверхности и размеры плит дают возможность создать уникальный дизайн фасада и архитектуру здания. Он не выделяет вредных веществ и пожароустойчив. Благодаря этому подходит для зданий общественного назначения, а также для детских учреждений.

Уровень влагопоглощения керамогранита не превышает 0,05 %. Это эффективная защита стен здания от дождя, тумана, снега и мороза. Благодаря этому свойству керамогранит не покроет кружево из мелких трещин, если днем на улице +5 и идет дождь, а ночью температура –5.

За фасадом из керамогранита легко ухаживать. Дорожную пыль можно смыть чистой водой, а стойкие загрязнения и следы краски можно убрать, используя любые моющие средства. Керамогранитные плиты сложно поцарапать, поэтому вандалам вряд ли удастся нанести ощутимый вред внешнему виду здания. Керамогранит не разрушается со временем и не выгорает на солнце. Гарантированный срок службы фасада из керамогранита при соблюдении технологии его укладки 50 лет. Если плиты повреждены и их необходимо заменить, можно снять только поврежденную плиту и заменить.

Бетон один из самых распространенных строительных материалов. Чтобы он стал не только несущим, но еще и декоративным материалом, ученые изобрели прозрачный бетон. В современном мире небоскребов естественный свет в доме недостаточен при плотной застройке. Прозрачный бетон является новым материалом в строительстве.

Толщина блока может быть достаточно внушительной, но она никак не повлияет на свойства материала, так как стекловолокно в его структуре способно проводить свет на расстояние более 20 метров. Образцы изготавливаются на заводе Штольберг, Германия, используется в оформлении дизайна эксклюзивного интерьера, медицинских учреждений, наружных стен и фасадов сооружений. Блоки самых разных оттенков выпускаются размером 1700x1000 и 2000x1000 мм.



Рисунок 4 – Здание из прозрачного бетона

Впервые прозрачный бетон был использован для изготовления причудливого светильника в виде куба. Весил предмет интерьера более 10 килограмм. Постепенно область применения стеклобетона расширялась. В качестве материала для облицовки стеклобетон использовала Заха Хадид, для центрального здания автомобильного завода BMW в Лейпциге. За проект этого здания архитектору присудили Немецкую архитектурную премию.

Для примера испытаний данного материала можно взять исследования, проводимые ранее. Прочность кубов ранее проверяли в испытаниях на сжатие с силой 2000 кН. Проверка интенсивность блока при разном соотношении волокон и бетона, прочность после отвердевания через 3 дня, 7 дней и 28 дней.

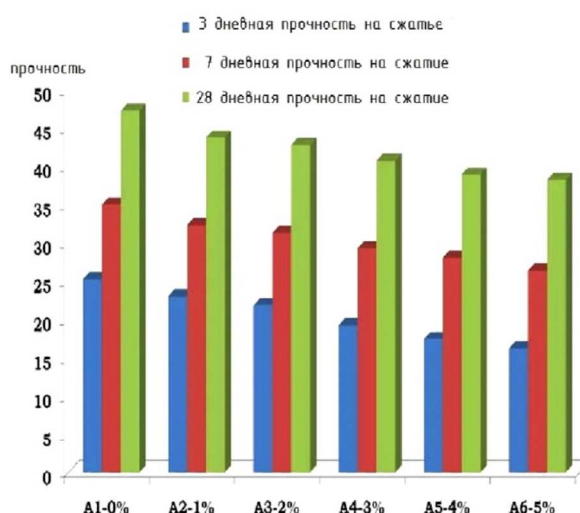


Рисунок 5 – График прочности

– стекло при добавлении определенных добавок может повысить свою прочность и уменьшить хрупкость. После чего можно его использовать как строительный материал. Но полностью убрать хрупкость невозможно.

– бетон прочный материал, который широко используется в строительстве. Один из основных недостатков – плохо работает на растяжение.

Литература

1. URL : <https://www.ortost.ru/services/rekonstrukciya-fasadov-zdaniy/> (08.11.2021)
2. 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.
3. URL : <https://fasadoved.ru/ventiliruemye-sistemy/vse.html> (08.11.2021)
4. 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.
5. URL : <https://www.uralgres.com/articles/ventiliruemyi-fasad-iz-keramogranita/> (08.11.2021)
6. Калкан С.Н., Леонова А.Н. Особенности современных подходов при реконструкции фасадов жилых зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 1. – С. 314–316.
7. URL : <https://ujutdom-vrn.ru/> (08.11.2021)
8. Боброва А.С., Леонова А.Н. Применение светопрозрачных материалов в современных ограждающих конструкциях // Светопрозрачные конструкции. – 2019. – № 1 (123). – С. 39–41.
9. Одоевская А.А., Леонова А.Н. Строительные материалы будущего // В сборнике: Проектирование и строительство автономных, энергоэффективных зданий : сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 142–147.

References

1. URL : <https://www.ortost.ru/services/rekonstrukciya-fasadov-zdaniy/>
2. 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.
3. URL : <https://fasadoved.ru/ventiliruemye-sistemy/vse.html>
4. 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; FSBEI HE «KubSTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 119–122.
5. URL : <https://www.uralgres.com/articles/ventiliruemyi-fasad-iz-keramogranita/>
6. Kalkan S.N., Leonova A.N. Features of modern approaches to the reconstruction of the facades of residential buildings // Science. Technique. Technologies (polytechnic bulletin) . – 2020. – № 1. – P. 314–316.
7. URL : <https://ujutdom-vrn.ru/>
8. Bobrova A.S., Leonova A.N. The use of translucent materials in modern enclosing structures / Translucent structures. – 2019. – № 1 (123). – P. 39–41.
9. Odoevskaya A.A., Leonova A.N. Building materials of the future // In the collection: Design and construction of autonomous, energy-efficient buildings : collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. – 2018. – P. 142–147.

УДК 69.059.38

ОСОБЕННОСТИ ВОЗВЕДЕНИЯ НАДСТРОЕК И ПРИСТРОЕК ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ



FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF SUPERSTRUCTURES AND EXTENSIONS DURING THE RECONSTRUCTION OF BUILDINGS

Щеглова Яна Эдуардовна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
yana.shheglova.98@bk.ru

Леонова Анна Николаевна

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

Аннотация. В данной статье раскрыты особенности возведения надстроек и пристроек при реконструкции зданий. Описаны основные архитектурно-конструктивные схемы, применяемые для увеличения полезного объема здания. Основное содержание в работе посвящено методам возведения мансард, надстроек и пристроек. Представлены возможные технологические решения и используемые материалы.

Ключевые слова: реконструкция, надстройка, пристройка, мансарда, кровля, усиление.

Sheglova Yana Eduardovna

Student,
Kuban State University of Technology
yana.shheglova.98@bk.ru

Leonova Anna Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State University of Technology
lan.75@mail.ru

Annotation. This article reveals the features of the construction of superstructures and extensions during the reconstruction of buildings. The main architectural and structural schemes used to increase the useful volume of the building are described. The main content of the work is devoted to the methods of construction of attics, superstructures and outbuildings. Possible technological solutions and materials used are presented.

Keywords: redevelopment, superstructure, extension, attic, roof, reinforcing.

Объем зданий можно изменить, надстраивая их или возводя рядом пристройки. Такой вид реконструкции эффективен, так как возможно увеличить полезную площадь дома без расширения площади застройки, что позволяет интенсифицировать использование городских земель за счет повышения плотности жилищного фонда, даже на густозастроенной территории, что важно при реконструкции центральных районов городов, где земля ценится с точки зрения престижности и по стоимости аренды.

Надстраивая здания, можно выровнять этажность, тем самым создавая единый ансамбль. Кроме того, возможна надстройка частей зданий, что позволяет подчеркнуть один из объемов, например, угол дома. Если этому мероприятию сопутствует заполнение разрывов между зданиями, то застройка приобретает законченный вид.

Существуют три типа использования третьего измерения здания, т.е. его высоты:

1. устройство мансард, т.е. расположение помещений в подкрышном пространстве на месте перестроенного чердака;
2. надстройка одного или нескольких этажей;
3. размещение на крыше рекреационного открытого пространства, позволяющего создавать места для отдыха и досуга на свежем воздухе.

Мансарды, возводимые при реконструкции зданий обычно одно-двух этажные, размещенные в чердачном пространстве, фасад которых полностью или частично образован поверхностями наклонной или ломаной крыши. Характерным признаком мансарды является крутой уклон скатов необходимый для увеличения пространства, расположенных в ней помещений. Устройство мансард – это самый простой и технически эффективный способ реконструкции зданий, целью которого является увеличение квадратных метров используемых помещений. При этом надстройка мансардных этажей может проводиться с отселением и без отселения жильцов. Геометрия мансард очень разнообразна: они могут быть симметричными и несимметричными; одноуровневые, двухуровневые и одно-, и двухуровневые с дополнительным этажом.

При ломаной форме крыши уклон ее нижней части должен составлять около 60–70 %, верхней части – 15–30 %. На высоте не более 1,5 м от уровня пола мансардного этажа должна быть линия пересечения плоскости крыши и плоскости фасада. Высота жилых помещений мансарды в чистоте должна быть не менее 2,5–2,7 м. Оконные проемы устраивают в покрытии.

Мансарды могут располагаться в створе наружных стен здания или выходить за его границы, опираясь при ограниченном выносе мансардного объема на консольный вынос перекрытия нижележащего этажа или при большом выносе – на дополнительные опоры в виде колонн или стены. Располагаться они могут по всей ширине здания или только по одну сторону от его продольной оси, когда это необходимо по условиям инсоляции.

Применяются проекты надстройки мансарды над центральной частью существующего дома, в котором скаты мансарды расположены в продольном направлении, образуя на фасаде фронтоны.

Мансарды устраивают, применяя четыре метода.

Первый метод наиболее прост: размещение мансарды в верхнем техническом этаже (его высоту используют как часть высоты жилья).

По второму методу последний этаж дома переделывается в нижний ярус двухэтажной квартиры, а под новой крышей размещается спальная зона квартиры.

Третьим методом предусмотрено одно- или двухъярусные квартиры целиком располагать под крышей с ломаными скатами, при этом наружные стены будут наклонными.

По четвертому наиболее сложному методу совмещают мансарду и надстройку. При этом методе нагрузка на несущие стены домов значительно возрастает. Если в реконструируемом здании слабые стены и фундаменты, при этом их усиление слишком трудоемко или может нарушить архитектурную выразительность, то для обеспечения несущей способности надстройки внутри объема здания располагают дополнительный каркас с самостоятельными фундаментами. В этом случае также возможно повышение капитальности здания за счет устройства монолитных перекрытий.

Для возведения мансард предпочтительно использовать облегченные конструктивные элементы. Применение деревянных ферм и рам на шпунтовых соединениях позволяет разнообразить геометрические формы верхнего пояса, что расширяет архитектурный облик мансард. Наиболее технологичными покрытиями для мансард являются покрытия из листовой стали, металлочерепицы, стального профилированного листа или мелкоштучных материалов.

Надстройка – самый сложный процесс реконструкции, так как связан с увеличением нагрузки на несущие конструкции и основание надстраиваемого здания и поэтому нуждается в предварительном обследовании несущих конструкций. Надстройка – это повышение этажности здания или его частей.

Существует два типа архитектурно-конструктивных схем надстроек:

- передачей нагрузки от надстраиваемых этажей на старое здание;
- с передачей части или всей нагрузки от надстраиваемого здания на дополнительно устраиваемый каркас.

По первому типу надстройка осуществляется без изменения конструктивно-планировочной схемы здания и существенного усиления его несущих элементов. Разрешена надстройка не более двух этажей с использованием резервов прочности, имеющих в стенах и фундаментах реконструируемого здания. В верхней части надстраиваемого здания устраивают железобетонный пояс для равномерной передачи нагрузки от надстраиваемых этажей. Перепланировка надстраиваемых этажей решается с учетом несущих элементов существующего здания.

При увеличении этажности здания на 4 этажа в зданиях с перекрестно-стеновой конструктивной системой возможно перенести часть нагрузки от надстройки на менее нагруженные элементы здания – продольные стены, что позволяет перейти в надстраиваемой части к продольно-стеновой системе. Для снижения нагрузки на фундаменты надстраиваемого здания используют внутри помещения легкие перегородки, вместо массивных несущих стен.

Существует схема надстройки, в которой предусмотрена установка несущих колонн каркаса, называемых колоннами «фламинго», устанавливаемых на расстоянии 1200–1500 мм от наружных стен существующего здания на самостоятельные фунда-

менты. Между колоннами и существующими наружными стенами укладывают плиты балконов или лоджий. В надстраиваемых этажах образуются однопролетные конструктивно-планировочные системы с поперечными балками-стенками, установленными через этаж, которые совмещают функции перегородок и несущих конструктивных элементов. Такая система позволяет осуществлять свободную планировку помещений вне зависимости от планировки существующего здания.

При надстройке зданий обязательным является устройство обвязочного пояса по периметру наружных и части внутренних стен для равномерного распределения нагрузки от надстраиваемых этажей на реконструируемое здание. Он выполняется из монолитного железобетона или керамзитобетона и соединяется в единое целое со стенами надстраиваемого здания. Обвязочный пояс устраивают в виде ригеля с одно-сторонней консолью, что дает ему возможность воспринимать усилия распора.

При большей этажности надстройки необходимо над надстраиваемым зданием устраивать горизонтальный диск-платформу, который опирается на систему автономных колонн и не связан с существующими вертикальными конструкциями здания. Чтобы исключить передачу нагрузки от надстраиваемой части здания на существующую, между ними устраивается конструктивный зазор. На таких платформах возводится надстраиваемая часть здания.

В случае применения при надстройке конструктивной схемы встроенного каркаса сначала осуществляют возведение колонн по наружным и внутренним стенам с устройством обвязочного пояса и последующим устройством монолитных ригелей и без балочного перекрытия толщиной, равной сечению ригеля. Применение диска перекрытия без выступающих в объем здания частей обеспечивает возможность размещения ограждающих конструкций в любом месте без ограничений.

ЗАО «Курортпроект» разработана конструктивная система «сотовый монолит», которая заключается в опирании надстраиваемой части здания на редко расположенные опоры. Данная технология позволяет получать в надстраиваемой части здания квартиры с независимой планировкой помещений. Сотовые структуры размещаются вдоль фасадов здания и сотовых структур надстраиваемых этажей, которые опираются на выносные опоры коробчатого сечения. В качестве выносных опор выступают лифтово-лестничные узлы и пристраиваемые по периметру здания объемные структуры, выполняемые полностью из монолитного железобетона. Применение сотовых структур позволяет расширить корпуса зданий до 4 м в каждую сторону и с надстройкой в 5 и более этажей.

При надстройке зданий с плоскими крышами возможны варианты, когда на них сооружаются вспомогательные помещения, кафе и зоны отдыха с озеленением и фонтанами. Для этого должны быть созданы условия для эксплуатации крыши и усилено перекрытие над последним этажом. Зеленые насаждения выставляют в кадках, газоны устраивают из рулонных ковров. Бассейны с фонтанами выполняются не глубокие, напольного типа, что требует особого усиления конструкций и даже введения дополнительных балок и усиленной гидроизоляции. Поэтому они выполняются из металла с полиэтиленовым покрытием. Надстройка должна быть четко выполнена по несущим стенам. При необходимости их усиливают дополнительным устройством пилеастр.

Размещение на крыше рекреационного открытого пространства позволяет создавать места для отдыха и досуга на свежем воздухе. Они являются приятным дополнением, особенно при плотной застройке в городе.

Пристройки к зданиям осуществляют довольно часто. С их помощью закрывают разрывы между зданиями или увеличивают ширину корпуса здания. Материалы для стен и покрытия подбирается соответствующий окружающей застройке. Возможны конструктивные решения различных типов: прямые, угловые, параллельные, перпендикулярные, в торец или сбоку.

Чаще всего пристройки выполняют на новой конструктивной основе с устройством деформационного шва между зданиями. Деформационный шов, выполненный путем забивки деревянного шпунта по грани старого фундамента при устройстве к нему вплотную нового, устраивают при симметричном фундаменте под старым зданием и совпадении подошвы нового и существующего. Зазор между новой и существующей стеной принимают не менее 20 мм, который тщательно герметизируют.

При небольшой ширине нового фундамента край стены пристройки выполняют за счет ступенчатого смещения кладки, при большой ширине нового или старого фундаментов – на консольных участках балок или плиты, вылет которых определяется размерами фундаментов. Возведение пристроек рекомендуется выполнять на свайных фундаментах из буронабивных или винтовых свай, для исключения дополнительных просадок существующих зданий. При невозможности устройства новых фундаментов рядом с существующими допускается располагать их на некотором расстоянии, а пространство между новым и существующим зданием заполнять с помощью балок-вставок, опирающихся на старые и новые несущие конструкции. В этом случае узлы опирания балок должны обеспечить устойчивость конструкций вставки к возможным неравномерным осадкам фундаментов существующего и пристраиваемого зданий.

Таким образом, процесс реконструкции зданий должен проводиться комплексно. Надстройки и пристройки должны не только удовлетворять потребительские качества за счет уплотнения жилой застройки, но и улучшать архитектурную выразительность зданий, учитывать взаимную увязку решений по планировочной организации жилой территории, сносу малоценных строений и реконструкции сохраняемых жилых домов с учетом выполнения требований по инсоляции и аэрации.

Литература

1. Золотозубов Д.Г., Безгоднов М.А. Реконструкция зданий и сооружений. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014.
2. Шихов А.Н. Реконструкция зданий и сооружений: курс лекций // М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образоват. учреждение высшего образов. «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2016. – 398 с.
3. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология возведения зданий и сооружений: Учебн. Для строит. вузов : 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2004. – 446 с.
4. Тарасова Т.В., Шутова О.А. Обзор существующих методов реконструкции зданий массовой застройки // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 2. – С. 79–85.
5. Григоренко К.А., Петренева О.В. Реконструкция домов первых массовых серий как способ увеличения полезной площади // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7. – № 1. – С. 47–55.
6. Петров К.С., Тарасов Б.Р., Восканов Е.С. Проекты домов с мансардой с гаражом: особенности планирования и строительства // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 1 (44). – С. 98.

References

1. Zolotozubov D.G., Bezgodov M.A. Reconstruction of buildings and structures. – Perm : Publishing House of Perm National Research Polytechnic University, 2014.
2. Shikhov A.N. Reconstruction of buildings and structures: a course of lectures // Moscow Agricultural Academy of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Perm State Agricultural Academy named after D.N. Pryanishnikov». – Perm : CPI «Prokrost», 2016. – 398 p.
3. Telichenko V.I., Terentyev O.M., Lapidus A.A. Technology of construction of buildings and structures: A textbook for builds. universities : 2nd ed., reprint. and add. – M. : Higher School, 2004. – 446 p.
4. Tarasova T.V., Shutova O.A. Review of existing methods of reconstruction of mass buildings // Modern technologies in construction. Theory and practice. – 2018. – Vol. 2. – P. 79–85.
5. Grigorenko K.A., Treneva O.V. Reconstruction of houses of the first mass series as a way to increase the usable area // Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture. – 2016. – Vol. 7. – № 1. – P. 47–55.
6. Petrov K.S., Tarasov B.R., Voskanov E.S. Projects of houses with an attic with a garage: features of planning and construction // Engineering Bulletin of the Don. – 2017. – № 1 (44). – P. 98.

УДК 691.714

ПРОБЛЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



THE PROBLEM OF USING HARDENED STEEL IN CONSTRUCTION

Щербак Дмитрий Анатольевич

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина
dimascherbak1998@mail.ru

Носуля Иван Сергеевич

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина
7-fin-7@mail.ru

Аннотация. В статье описывается химический состав и способ изготовления закаленной стали. Рассматривается ее применение в строительстве с учетом достоинств и недостатков данного сплава.

Ключевые слова: закаленная сталь, полиморфизм, твердость, прочность конструкции, пластичность.

Shcherbak Dmitry Anatolyevich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
dimascherbak1998@mail.ru

Nosulya Ivan Sergeevich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
7-fin-7@mail.ru

Annotation. The article describes the chemical composition and manufacturing method of hardened steel. Its application in construction is considered, taking into account the advantages and disadvantages of this alloy.

Keywords: hardened steel, polymorphism, hardness, structural strength, plasticity.

В наши дни стальное строительство одно из самых перспективных направлений строительной отрасли. По заявлению директора Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций имени В.А. Кучеренко Ивана Ведякова: «В этом году рост цен на металл сопровождался увеличением спроса на него». Новые своды правил, утвержденные в 2020–2021 годы, способствуют расширению использования металла в строительстве. На данный момент сталь широко применяется в инфраструктурном и нежилом строительстве, но в будущем, по прогнозам специалистов, будет иметь широкое применение и в жилом строительстве по примеру других развитых стран. В первую очередь это связано с высоким качеством, экологичностью и экономичностью строительства.

Как известно, сталь – это сплав железа и углерода, содержащий от 0,02 до 2,14 % углерода [1]. Чем больше углерода содержится в сплаве, тем более твердой будет сталь, но, с другой стороны, она становится менее пластичной и хрупкой [2–3]. Помимо углерода и железа в стали могут содержаться примеси и других веществ, таких как: марганец, кремний, сера, фосфор. Однако строительной сталью принято считать такую, в которой содержание углерода не превышает 0,25 %. Обусловлено это тем, что в строительстве металлоконструкции подвергаются соединению между собой путем сварки, и при большем содержании углерода строительный шов будет непрочным [4]. Сталь обладает свойством полиморфизма, то есть при различных внешних условиях этот металл может существовать в различных формах (при разных значениях температуры изменяется строение кристаллической решетки) [5]. На основе этого существует несколько видов термической обработки стали, такие как: отжиг, закалка и отпуск. Закалка – это процесс температурной обработки стали, заключающийся в нагреве детали до температурного диапазона 911–1392 °С с последующим резким охлаждением в масляном растворе или воде. Так повышается твердость и износостойкость стали, но также она становится очень хрупкой и непластичной. Чтобы повысить прочность стали, после закалки ее подвергают отпуску. Отпуск – это процесс выдержки закаленной детали при температуре до 100 °С, сопровождающийся релаксацией внутренних перенапряжений. В данном процессе сплав не подвергается резкому охлаждению, деталь остывает сама в нормальных условиях. В результате за счет незначительной потери твердости сталь становится менее хрупкой и более пластичной, а ее прочность увеличивается [4, 6–7].

В строительстве закаленная сталь не применяется для изготовления арматур, балок и других несущих конструкций. Основные причины этому: полиморфизм, малые упругость и пластичность. Как уже было описано, при увеличении температуры, структура сплава подвергается изменению. Так при соединении деталей путем сварки будут теряться прочностные качества металла, структура станет неоднородной, а на месте сварочных швов будут уязвимые зоны [1]. Можно также представить, что произойдет, если случится пожар в здании, где закаленная сталь будет использована для армирования стен и перекрытий. Из-за сильного повышения температуры качества, полученные при закалке, будут утрачены, детали станут очень пластичными, и появится риск обрушения всей конструкции. Помимо этого, закаленная сталь не обладает достаточной пластичностью, чтобы использовать ее в строительных целях в виде основных несущих конструкций. Однако, благодаря высокой твердости и износостойкости, закаленная сталь получила широкое применение в изготовлении крепежных материалов: болтов, гаек, заклепок и т.д. [6]. Так как в таких деталях данные качества позволяют использовать их с наибольшей эффективностью: резьбы гаек и болтов выдерживают большие нагрузки и не срываются, заклепки не подвергаются сильной деформации при вбивании в твердые поверхности.

Таким образом, ввиду своих физико-механических свойств, закаленная сталь не может быть в полной мере использована в строительстве. Но необходимо понимать, что не существует идеального сплава, подходящего под любые задачи. Все материалы имеют достоинства и недостатки в тех областях, где их применяют. На примере закаленной стали мы убедились в этом. Ввиду своих физико-механических качеств из нее не изготавливают несущие элементы конструкции, но эффективно используют для изготовления крепежных деталей.

Литература

1. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Разделение силовой и термоактивационной компонент разрушения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – № 11. – С. 104–105.
2. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Методика определения сопротивления замедленному разрушению стальных деталей с концентраторами напряжений // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 3. – С. 43–48.
3. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение : учебник для вузов, 7-е изд., перераб. и доп. – М. : ИД Альянс, 2011. – С. 74–91.
4. Арзамасов В.Б., Черепакхин А.А. Материаловедение: учебник для студентов высших учебных заведений. – М. : Издательство «Экзамен», 2009. – С. 234–239.
5. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Кинетика и микромеханика замедленного разрушения стали // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 858–861.
6. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 4. – С. 134–135.
7. Солнцев Ю.П., Пряхин У.И. Материаловедение: учебник для вузов. – Химиздат, 2007. – С. 317–326.

References

1. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Separation of the force and thermoactivation components of destruction // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2011. – № 11. – P. 104–105.
2. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Methods for determining the resistance to delayed fracture of steel parts with stress concentrators // Modern science-intensive technologies. – 2013. – № 3. – P. 43–48.
3. Gulyaev A.P., Gulyaev A.A. Metallurgy : textbook for universities, 7th ed., Rev. and add. – M. : ID Alliance, 2011. – P. 74–91.
4. Arzamasov V.B., Cherepakhin A.A. Materials science: a textbook for students of higher educational institutions. – M. : Publishing house «Exam», 2009. – P. 234–239.
5. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Kinetics and micromechanics of delayed fracture of steel // Fundamental research. – 2013. – № 4. – P. 858–861.
6. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Influence of stress concentration on threshold loads during delayed fracture of steel parts // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2013. – № 4. – P. 134–135.
7. Solntsev Yu.P., Pryakhin U.I. Materials science: textbook for universities. – Khimizdat, 2007. – P. 317–326.

МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА

◆◆◆◆

FROST RESISTANCE OF CONCRETE

Щуров Сергей Александрович

студент факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
shchurov01@bk.ru

Shchurov Sergey Aleksandrovich

Student of the Faculty of Hydromelioration,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
shchurov01@bk.ru

Аннотация. В статье говорится о морозостойкости бетона, ее характеристиках, от которых она зависит. Описываются процесс исследования морозостойкости в лабораторных условиях.

Annotation. The article talks about the frost resistance of concrete, its characteristics, on which it depends. The process of studying frost resistance in laboratory conditions is described.

Ключевые слова: морозостойкость, замораживание, оттаивание, образцы, бетон, цикл

Keywords: frost resistance, freezing, thawing, samples, concrete, cycle

Морозостойкость – это свойство, характеризующееся предотвращением замерзания или устойчивостью к замерзанию. Оно главным образом зависит от структуры данного материала, то есть чем выше будет относительный объем пор, которые способствуют проникновению воды в них, тем ниже морозостойкость [1].

Морозостойкость бетона, как правило, определяют, подвергая образцы, полученные в лаборатории, до числа циклов замораживания и оттаивания в воде, в диапазоне температур от +4 °С до –18 °С или –20 °С. Чтобы получить результаты за относительно короткий период времени, образцы обычно подвергают пяти или более циклам в день, поскольку, как и в стандартной процедуре, количество циклов часто фиксируется на уровне 300.

Для оценки степени внутреннего растрескивания и, следовательно, повреждения из-за воздействия мороза, две наиболее распространенные процедуры - это измерение изменения длины и измерение динамического модуля упругости. Изменение длины более 200 мкм/м (приблизительно) или потеря модуля упругости обычно указывает на то, что внутренняя структура бетона была значительно повреждена микротрещинами.

Потеря массы также может быть измерена, но она больше связана с сопротивлением образованию отложений на поверхности, чем к внутреннему растрескиванию.

Лабораторные испытания убедительно показывают, что почти для всех типов бетона существует критическое значение коэффициента зазора между воздушными пустотами. Если коэффициент интервала выше этого критического значения, испытываемый образец бетона очень быстро разрушается в результате циклов. Возникают микротрещины и быстрая потеря механических свойств. Если коэффициент интервала ниже этого критического значения, образец бетона может выдержать очень большое количество циклов без каких-либо значительных повреждений [2].

Как показывают многие исследования, для этого бетона существует критическое значение коэффициента зазора между воздушными пустотами. Все смеси с интервалом, значительно превышающим 500 мкм, очень быстро разрушаются циклами. Такое поведение типично для лабораторных наблюдений: морозостойкость образца бетона обычно либо очень хорошая, либо очень низкая.

В принципе, тесты на замораживание и оттаивание просты: образцы готовятся и отверждаются при определенных условиях, затем подвергаются циклам замораживания и оттаивания, а полученный эффект оценивается путем визуального осмотра или некоторых физических измерений.

На практике незначительные изменения в процедурах испытаний имеют непропорциональный эффект, поэтому невозможно придать абсолютное значение результатам, и максимум, чего можно достичь, как правило, не более чем общее указание отно-

сительной морозостойкости различных материалов. Даже в этом случае нельзя ожидать прямой зависимости между результатами испытаний и долговечностью в эксплуатации, поскольку степень воздействия мороза может сильно различаться.

При испытаниях замораживание проводится на воздухе или в воде, что приводит к более быстрому износу [3]. Чем выше скорость замерзания, то есть скорость падения температуры образцов ниже 0 °С, тем быстрее скорость разрушения, но степень различения бетонов с разной морозостойкостью также уменьшается.

Обычно размораживание проводят в воде при температуре от 5 до 25 °С. Степень насыщения бетона в начале замораживания и оттаивания сильно влияет на скорость разрушения, и даже самые лучшие бетоны быстро разрушаются, если они полностью пропитаны погружением в воду под вакуумом [4].

При увеличении времени выдержки в воде перед началом испытаний морозостойкость обычно повышается до максимума в промежутке от 1 до многих месяцев, а затем снова снижается. Подъем объясняется увеличением прочности, а последующее падение – увеличением степени насыщения бетона. Бетоны, которым дают высохнуть перед началом испытаний на морозостойкость, демонстрируют повышенную стойкость из-за медленного заполнения пор водой, но начало повреждения только откладывается, а не предотвращается.

Литература

1. Завротынская В.В., Тхазеплова Д.А., Шиховцов А.А. Современные способы ускорения набора прочности бетона // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 641–649.
2. Современные технологии ускорения набора прочности бетона / Е.А. Лангнер [и др.] // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 5. – С. 36.
3. Кириченко В.А., Шиховцов А.А., Митин А.Б. Экономико-технологические аспекты применения полистиролбетона // В сборнике : Экономика и предпринимательство. – 2017. – 1204 с.
4. Комиссаров А.Н., Шиховцов А.А. Развитие ресурсосберегающих технологий в строительстве // В сборнике : Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры // Сборник статей Международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Институт строительства и транспортной инфраструктуры; ФГБОУ ВО «КубГТУ»; Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 133–136.

References

1. Zavrotynskaya V.V., Tkhaseplova D.A., Shikhovtsov A.A. Modern methods of accelerating concrete strength gain // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubGTU». – 2020. – № 8. – P. 641–649.
2. Modern technologies for accelerating concrete strength gain / Langner E.A. [et al.] // Bulletin of Eurasian Science. – 2020. – Vol. 12. – № 5. – С. 36.
3. Kirichenko V.A., Shikhovtsov A.A., Mitin A.B. Economic and technological aspects of the use of polystyrene concrete. In the collection: Economics and Entrepreneurship. – 2017. – 1204 p.
4. Komissarov A.N., Shikhovtsov A.A. Development of resource-saving technologies in construction // In the collection: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University», Institute of Construction and Transport Infrastructure; FGBOU VO «KubGTU»; International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 133–136.

УДК 66.021.2.081.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АДсорбЦИИ ГАЗОВОЙ СМЕСИ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ



OPTIMIZATION OF THE ADSORPTION OF A GAS MIXTURE AT HIGH PRESSURES

Юсубов Фахраддин Вали оглы

доктор технических наук, профессор,
Азербайджанский технический университет
yusfax@mail.ru

Аннотация. Проведены опытные исследования адсорбции газовой смеси (CO₂, CH₄ и N₂). В качестве адсорбента использован цеолит NaA. В это время давление в системе поддерживали 1360 hPa. Изменяли температуру на опытной установке в пределах от 300 С до 800 С. Опытным путем изучены выходные кривые процесса адсорбции газовых смесей с учетом и без учета застойной зоны в адсорбере.

Ключевые слова: газовая смесь, адсорбция, цеолит, застойная зона, оптимизация

Yusubov Fakhraddin Vali oglu

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Azerbaijan Technical University
yusfax@mail.ru

Annotation. Experimental studies of the adsorption of a gas mixture (CO₂, CH₄ and N₂) have been carried out. Zeolite NaA was used as an adsorbent. At this time, the pressure in the system was maintained at 1360 hPa. The temperature was changed on the pilot plant in the range from 300 C to 800 C. The output curves of the adsorption process of gas mixtures with and without taking into account the stagnant zone in the adsorber have been studied empirically.

Keywords: gas mixture, adsorption, zeolite, stagnant zone, optimization

В современном мире в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности растет удельный вес использования процессов адсорбции. Это связано с тем, что процессы адсорбции, с экологической точки зрения являясь чистыми, предотвращают загрязнения окружающей среды, а также по сравнению с другими процессами их экономические показатели высоки [1].

Выбор оптимальных вариантов аппаратного оформления промышленных адсорберов, в том числе адсорберы имеющих застойные зоны является актуальным вопросом. Если учесть, что процесс адсорбции идет очень быстро, тогда можно считать, что кинетика адсорбции определяется скоростями внутренней и внешней диффузиями. При внешнем массообмене на процесс сильно влияет его гидродинамический режим.

Из исследований получены, что с увеличением давления, диффузионное время в транспортных порах адсорбента намного больше времени адсорбции в макропорах пористого адсорбента. Это связано с тем, что с увеличением давления плотность газовой фазы увеличивается. А это, в свою очередь, является причиной уменьшения диффузионного коэффициента адсорбируемой молекулы в газовой фазе. Такой характер изменения плотности газовой фазы и коэффициент диффузии с увеличением давления достаточно влияет на процесс адсорбции [2].

Проведены опытные исследования адсорбции газовой смеси из метана, азота и CO₂. Здесь в качестве адсорбента использован цеолит NaA. В это время давление в системе было 1360 hPa. Изменять температуру на опытной установке от 300 С до 800 С возможно. Высота слоя адсорбента в адсорбере равнялась $h = 162$ мм, а масса активированного угля $m_{ад} = 45$ г.

При расчете адсорберов обязательным является расчет времени застоя и массового потока адсорбтива. Под понятием времени застоя адсорбера подразумевается то, что газ входит в адсорбент, но процесс адсорбции не происходит. Время до протекания адсорбции определяет время застоя:

$$t_d = \frac{V_d}{V_{Ad}} = \frac{V_d \cdot P_{AD} \cdot T_N}{V_N \cdot P_N \cdot T_{Ad}}$$

здесь P_N и T_N соответственно давление и температура газа в нормальных условиях.

$$P_N = 1013 \text{ hPa}; T_N = 273 \text{ K}$$

В результате полученные оптимальные значения специфических параметров адсорбера (в виде метода оптимизации использован метод «Комплекс», выполнен в расчетных системах «Maple» и «Origin») представлены ниже:

Масса адсорбента: $m_{Ad} = 45 \text{ г}$

Высота слоя адсорбента: $H = 21 \text{ см}$

Объем застойной зоны: $V_d = 120 \text{ см}^3$

Давление в системе: $P_{Ad} = 1600 \text{ hPa}$

Адсорбция газовой смеси из CO_2 , CH_4 и N_2 проведена при различных температурах и давлениях. Проведенные опытные исследования показали, что из смеси газов больше всех адсорбции подвергается CO_2 , меньше N_2 . CH_4 занимает в этом плане промежуточное положение [3, 4].

Известно, что неравномерное распределение элементов потока в аппарате является причиной образования в системе застойной зоны из объемов жидкостей и газов. Вследствие этого выражения системы при помощи модели диффузии резко увеличивает погрешность. Адсорбция смесей газов (CO_2 , CH_4 и N_2) проводилась на NaA цеолите. Опытным путем изучены выходные кривые процесса адсорбции газовых смесей с учетом и без учета застойной зоны в адсорбере.

Анализ различных методов оптимизации при исследовании дается в таблице 1.

Таблица 1 – Погрешности методов оптимизации

№	Наименование методов оптимизации	Погрешность оптимальных значений коэффициентов (по сравнению с опытными значениями)
1	2	3
1	Метод наименьших квадратов	5
2	Самый быстрый способ понижения	6–8
3	Модифицированный метод Хук-Чивса	4,5
4	Метод прямого поиска функции с n-переменной	4
5	Комплексный метод	1,2–1,6
6	Метод Флещера-Ривса	3–4

В результате полученных комплексных научных исследований выяснено, что на цеолите NaA адсорбционное равновесие газовых смесей CH_4 , CO_2 и N_2 без учета застойной зоны происходит за 98 секунд, а с ее учета меньше 65 секунд. Это событие объясняется тем, что при учете застойной зоны массообмен в адсорбере значительно улучшается.

Также на основе инженерных расчетов найдено, что неиспользованная длина адсорбционного слоя без учета застойной зоны, составляет 5,8 %, а с учетом – 1,2 % от общей длины неподвижного слоя адсорбента.

Литература

1. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М. : Химия, 1984. – 592 с.
2. Bathen D., Breitbach M. Adsorptionstechnik. – Berlin–Heidelberg–NewYork : Springer-Verlag, 2001.
3. Юсубов Ф.В., Ибрагимов Ч.Ш. Адсорбционное разделение газовых смесей в неподвижном слое адсорбента // Химия и технология топлив и масел. – 2018. – № 3. – С. 27–30.
4. Юсубов Ф.В., Байрамова А.С. Анализ режимов работы промышленных адсорбер // Химическое и нефтегазовые машиностроение. – 2019. – № 5. – С. 12–15.

References

1. Keltsev N.V. Basics of adsorption technology. – M. : Chemistry, 1984. – 592 p.
2. Bathen D., Breitbach M. Adsorptionstechnik. – Berlin–Heidelberg–NewYork : Springer-Verlag, 2001.
3. Yusubov F.V., Ibragimov Ch.Sh. Adsorption separation of gas mixtures in a fixed bed of adsorbent // Chemistry and technology of fuels and oils. – 2018. – № 3. – P. 27–30.
4. Yusubov F.V., Bayramova A.S. Analysis of operating modes of industrial adsorbers // Chemistry and technology of fuels and oils. – 2019. – № 5. – P. 12–15.

УДК 691.714

ПРОБЛЕМЫ В ОБЛАСТИ КОРРОЗИИ СТАЛИ В БЕТОНЕ



PROBLEMS IN THE FIELD OF CORROSION OF STEEL IN CONCRETE

Яруш Даниил Владиславович

студент 3 курса факультета гидромелиорации,
Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина
daniill132401@gmail.com

Yarush Daniil Vladislavovich

3rd year Student of the Faculty of
Hydroreclamation,
Kuban State Agrarian University
named after I.T. Trubilin
daniill132401@gmail.com

Аннотация. В данной статье обобщаются социальные, экономические и технологические проблемы, связанные с коррозией стали в бетоне. Представлены самые современные и актуальные из проблем в этой области. Приведена диаграмма распределения затрат на борьбу с разрушительной силой коррозии железобетонных конструкций.

Annotation. This article summarizes the social, economic and technological problems associated with corrosion of steel in concrete. The most up-to-date and relevant problems in this area are presented. A diagram of the distribution of costs for combating the destructive force of corrosion of reinforced concrete structures is given.

Ключевые слова: коррозия, бетон, строительство сооружений, инфраструктура, окружающая среда, распределение затрат, железобетон, ВВП.

Keywords: corrosion, concrete, construction of structures, infrastructure, environment, cost allocation, reinforced concrete, GDP.

По сравнению с другими областями исследований, связанными со строительными технологиями и строительными материалами, такими как цифровое производство или экологически чистые системы получения цемента, исследования коррозии стали в бетоне имеют более чем полувековую историю. В связи с чем, имеется сравнительно хорошо документированный многолетний опыт исследований в области коррозии и связанных с ней процессов, в основном процессов проникновения коррозии через бетонное покрытие – по крайней мере, для традиционных строительных бетонов [1]. Относительная долговечность бетонных конструкций очень замедляет процессы сбора и анализа результатов. Для проявления реакций таких опытов обычно требуются временные рамки в годы или десятилетия. Таким образом, в этой области очень ценна долгосрочная документация. Однако весомым недостатком этой темы, которая рассматривалась в течение нескольких десятилетий, является то, что концепции глубоко укоренились в исследовательском сообществе и, как правило, воспринимаются как должное в повседневных исследовательских опытах.

Во второй половине прошлого века инженеры-строители, материаловеды и химики во многих странах предприняли значительные попытки понять коррозию стали в бетоне, но многие подходы остались на уровне разговоров. Из обзора современного состояния можно сделать вывод, что моделирование проникновения коррозии через бетон относительно хорошо продвинуто, по крайней мере, по сравнению с пониманием развития коррозии и ее распространением в материале, где многие вопросы все еще остаются открытыми.

Бетон представляет собой пористое твердое вещество, содержащее щелочную жидкую фазу [2]. В традиционном бетоне, изготовленном из портландцемента, pH буферизуется значительно выше 12,5. Это бесспорная причина, по которой внедренная углеродистая сталь, термодинамически нестабильная в присутствии воды, защищена от коррозии. Механизм защиты заключается в образовании пассивной пленки, которая снижает скорость окисления до технически незначительного уровня [3]. Коррозия может быть вызвана попаданием хлоридов – например, из-за воздействия морской воды или карбонизации бетона.

Основными технологическими проблемами являются:

1. Постоянно растущая потребность в экономичном обслуживании существующих, стареющих железобетонных конструкций.
2. Проектирование прочных, следовательно, устойчивых новых структур.

Социальные и экономические проблемы. Бетон является наиболее используемым в мире искусственным материалом. Широкий спектр гражданской инфраструктуры построен из железобетона: мосты, туннели, морские сооружения, канализационные системы, плотины [4]. Многие из построенных инженерных сооружений имеют решающее значение для бесперебойного и надежного функционирования экономики и жизни населения. Инфраструктура является ключевым фактором жизнедеятельности экономики – пренебрежение обслуживанием инфраструктуры или ее расширением недавно было внесено в число основных причин, ограничивающих экономический рост и глобальную конкурентоспособность.

Хотя существует множество примеров превосходной долговечности железобетона даже при суровых условиях эксплуатации, ряд механизмов износа может ограничить срок службы конструкций [5]. Безусловно, наиболее распространенной причиной деградации и, следовательно, низкой долговечности является коррозия арматурной стали. Это было очевидно из различных обзоров, анализирующих практические случаи преждевременного ухудшения изделий, где был сделан вывод о том, что в 70–90 % рассмотренных случаев коррозия была доминирующим фактором деградации. Преждевременная деградация касается не только безопасности человеческой жизни, но и необходимость ремонтных работ, которые негативно влияют на окружающую среду из-за повышенного потребления энергии и материалов [6].

Коррозия объектов инфраструктуры приводит к высоким издержкам. В 2002 году было проведено комплексное обследование экономических последствий коррозии металлов в США. Был сделан вывод, что общие прямые затраты, связанные с коррозией, составляют 3,1 % от ВВП. С учетом ВВП 2016 года эта цифра составляет $575 \cdot 10^9$ долларов в год (рис. 1).

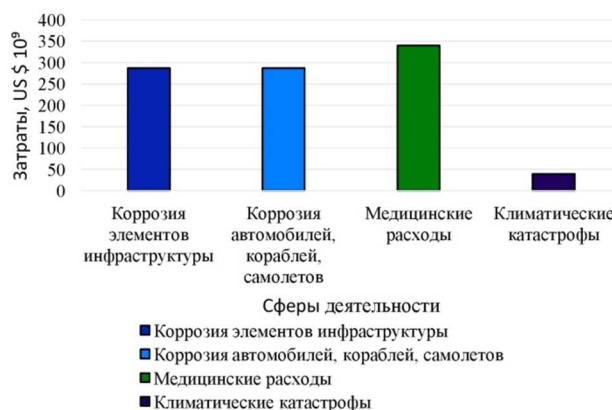


Рисунок 1 – Диаграмма распределения затрат США на различные сферы деятельности в 2002 г. с учетом уровня ВВП на 2016 г.

Стоит учесть, что приведенные цифры затрат учитывают только прямые затраты. Косвенные затраты в виде потери производительности, пробок и негативного воздействия на окружающую среду не входят в статистические данные. Исходя из диаграммы видно, что половина из всех затрат в сфере коррозионного разрушения приходится на инфраструктурный сектор: шоссе, мосты, газо- и нефтепроводы, трубопроводы с питьевой водой, канализационные системы. На диаграмме также показано сравнение с другими сферами деятельности, такими как медицина и климатические условия.

В промышленно развитых странах возрастные характеристики железобетонных инфраструктур обычно отражают пик строительной деятельности примерно в 1960–1980 годах [7]. Например, большинство мостов имеют возраст 40 и более лет и рассчитаны на срок службы 50 лет. Следовательно, в ближайшие десятилетия число мостов, которые должны эксплуатироваться сверхрасчетного срока службы, резко возрастет. Таким образом, возрастные характеристики инфраструктуры в промышленно развитых странах, как ожидается, приведут к дополнительному увеличению затрат на коррозию в ближайшие десятилетия.

Вывод. Учитывая ожидаемое увеличение необходимых ремонтных работ в ближайшие десятилетия, связанных с коррозией стальных элементов, существует необходимость разработки инновационных и экономически эффективных технологий, а также фундаментального понимания механизмов коррозионного износа. Подводя итог, как для существующих, так и для новых структур, очевидно, что задача состоит в том, чтобы сделать долгосрочные прогнозы производительности на местах, основанные на краткосрочном лабораторном тестировании. Очевидно, что необходим научный, основанный на знаниях подход к прогнозированию показателей долговечности коррозионного поведения.

Литература

1. Шиховцов А.А. Влияние внутренних и внешних факторов на замедленное хрупкое разрушение стали // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – Ч. 9. – С. 1841–1845.
2. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев [и др.]. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.
3. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Кинетика и микромеханика замедленного разрушения стали // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 858–861.
4. Изотов В.С. Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре как функция структуры цементного композита // Известия КГАСУ. Строительные материалы и технологии. – 2006. – № 1 (5). – С. 23–27.
5. Шиховцов А.А., Мишин В.М. Влияние концентрации напряжений на пороговые нагрузки при замедленном разрушении стальных деталей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 4. – С. 134–135.
6. Волженский А.В. Влияние дисперсности портландцемента и В/Ц на долговечность камня и бетона // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 16–17.
7. Мишин В.М., Шиховцов А. А. Локальное замедленное разрушение порошковых сталей, содержащих мартенсит // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 11. – С. 665–666.

References

1. Shikhovtsov A.A. The influence of internal and external factors on the delayed brittle destruction of steel // Fundamental research. – 2013. – № 11. – Part 9. – С. 1841–1845.
2. Durability of reinforced concrete in aggressive environments / S.N. Alekseev [et al.]. – М. : Stroyizdat, 1990. – 320 p.
3. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Kinetics and micromechanics of delayed destruction of steel // Fundamental research. – 2013. – № 4. – P. 858–861.
4. Izotov V.S. Protective properties of concrete in relation to steel reinforcement as a function of the structure of a cement composite // News of KGASU. Construction materials and technologies. – 2006. – № 1 (5). – P. 23–27.
5. Shikhovtsov A.A., Mishin V.M. Influence of stress concentration on threshold loads during delayed destruction of steel parts // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2013. – № 4. – P. 134–135.
6. Volzhensky A.V. The influence of the dispersion of Portland cement and In/C on the durability of stone and concrete // Concrete and reinforced concrete. – 1990. – № 10. – P. 16–17.
7. Mishin V.M., Shikhovtsov A. A. Local delayed destruction of powder steels containing martensite // International Journal of Experimental Education. – 2015. – № 11. – P. 665–666.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ



SCIENCES ABOUT THE EARTH

УДК 622.276.63

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ВИСОВОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



ANALYSIS OF THE CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE VISOVOYE OIL FIELD DEVELOPMENT

Витязев Ярослав Дмитриевич

студент направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Ухтинский государственный технический университет
barcelona9820@mail.ru

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки
и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений
и подземной гидромеханики
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье проведён анализ текущего состояния разработки Висового нефтяного месторождения, расположенного на территории Ненецкого автономного округа Архангельской области. Приведена краткая геолого-физическая характеристика месторождения, дано описание текущего состояния разработки и история освоения; представлен расчёт показателей при применении солянокислотной обработки на скважинах-кандидатах. В ходе проведения моделирования солянокислотной обработки получено увеличение дебита по обеим скважинам и увеличение продуктивности, что положительно повлияло на коэффициент извлечения нефти. По результатам моделирования выполнено сравнение основных технологических показателей до и после проведения СКО.

Ключевые слова: геолого-физическая характеристика месторождения; состояние разработки месторождения; основные этапы проектирования разработки месторождения; характеристика текущего состояния разработки месторождения; анализ разработки Висового месторождения; расчёт параметров при проведении СКО; сравнение и анализ показателей моделирования.

Vityazev Yaroslav Dmitrievich

Student Training Direction.
21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,
Ukhta State Technical University
barcelona9820@mail.ru

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of Development and Operation
of Oil and Gas Fields
and Underground Hydromechanics,
Ukhta State Technical University
olgasavenok@mail.ru

Annotation. The article analyzes the current state of development of the Visovoye oil field, located on the territory of the Nenets Autonomous District of the Arkhangelsk Region. Brief geological and physical characteristics of the field are given, a description of the current state of development and the history of development are given; the calculation of indicators when using hydrochloric acid treatment in candidate wells is presented. In the course of modeling hydrochloric acid treatment, an increase in production rate for both wells and an increase in productivity were obtained, which positively influenced the oil recovery factor. Based on the simulation results, a comparison was made of the main technological indicators before and after the hydrochloric acid treatment.

Keywords: geological and physical characteristics of the field; field development status; main stages of field development design; characteristics of the current state of field development; analysis of the development of the Visovoye field; calculation of parameters when performing hydrochloric acid treatment; comparison and analysis of modeling indicators.

Геолого-физическая характеристика месторождения

Висовое нефтяное месторождение расположено на территории Ненецкого автономного округа Архангельской области в 250 км Восточнее-Северо-Восточнее административного центра г. Нарьян-Мара – крупного речного и морского порта на Крайнем северо-востоке Европейской части России (рис. 1).

Открыто месторождение в результате поисково-разведочного бурения в 1989 году скважиной № 2п, в которой в отложениях верхнего девона были выявлены залежи нефти в отложениях Фаменского яруса верхнего девона – продуктивные пласты D_3fmIII и D_3fmIV .

Ближайшими населёнными пунктами являются посёлок Хорей-Вер, который находится в 80 км к юго-западу от месторождения, и посёлок Харьяга. Ближайшие крупные населённые пункты с железнодорожным сообщением расположены на территории Республики Коми – это города Усинск (235 км) и Воркута (215 км).

Ближайшими месторождениями с утверждёнными в ГКЗ запасами нефти являются: Лабаганское нефтяное, расположенное в 40 км к северу; Наульское нефтяное – в 55 км к северу; Южно-Торавейское нефтяное – в 75 км к северу; Торавейское нефтяное – в 85 км к северу; Варандейское нефтяное – в 100 км к северо-северо-западу; Северо-Харьягинское нефтяное – в 115 км юго-западнее; Харьягинское нефтяное – в 130 км к юго-западу. Ближайшие к Висовому разрабатываемые месторождения: Западно-Хоседаюское им. Д. Садецкого и Северо-Хоседаюское им. А.Сливки, граничащие с Висовым на западе и юге соответственно. В 30 км и 75 км севернее-северо-западнее Висового расположены крупные нефтяные месторождения имени А. Титова и имени Р. Требса, в 35 км к западу – Тэдинское.

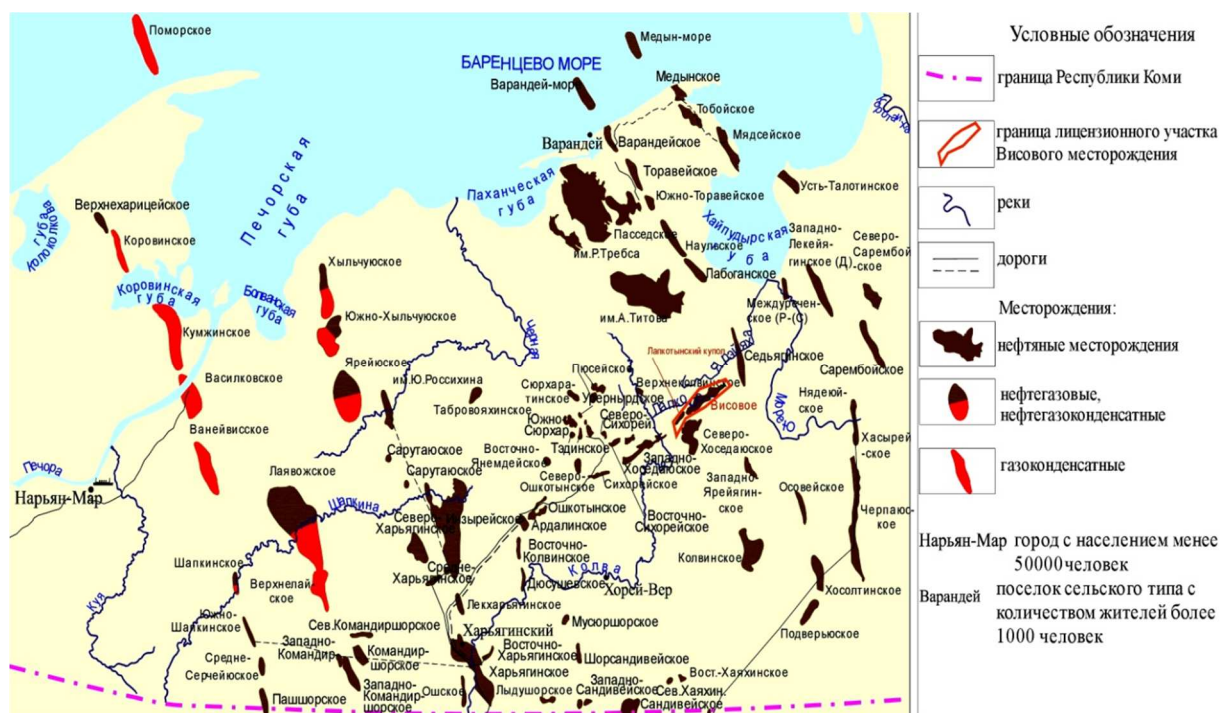


Рисунок 1.1 – Обзорная карта месторождения

В географическом отношении Висовое месторождение приурочено к северо-восточной окраине Восточно-Европейской равнины, в центральной части Большеземельской тундры в Хорейверской впадине и находится за Полярным кругом.

Местность представляет собой типичную для тундры безлесную ландшафтную зону субарктического пояса с характерной мохово-лишайниковой растительностью, низкорослыми травами, карликовыми (до 0,8 м) деревьями, и редкими кустарниками на тундрово-глеевых почвах.

Это слабовсхолмленная моренная равнина (абсолютные отметки от 60 м до 160 м) с пологими увалами и чередованием межрядовых понижений и озёрных (ледникового и термокарстового происхождения) котловин. Мощность многолетнемёрзлые породы (ММП) изменяется в широком диапазоне и достигает 500 м.

Климат района субарктический с избыточным увлажнением, с холодной зимой и коротким прохладным летом. Большая (до 85 %) влажность воздуха в зимнее время вызывает образование изморози, затрудняющей работу средств связи.

Территория характеризуется значительной циклонической активностью. Туманы наблюдаются на протяжении всего года, что объясняется высокой относительной влажностью и низкими температурами воздуха.

На площади развита островная многолетняя мерзлота, глубина которой составляет 250–350 м. На дневной поверхности нередко встречаются термокарстовые проявления, возникающие в результате вытаивания подземного льда. Глубина сезонного оттаивания мерзлоты 0,8–2,5 м.

Стратиграфия

Висовое месторождение расположено в пределах Тимано-Печорской НГП и его разрез типичен для Печорской синеклизы. Осадочный чехол здесь представлен отложениями палеозойской, мезозойской и кайнозойской групп. Фундамент представлен породами предположительно верхнепротерозойского возраста.

Максимальная вскрытая глубина разреза в пределах Висового лицензионного участка зафиксирована в скважине № 2606 и составляет 3799,0 м (а.о. – 3056,0 м).

Ниже представлено литолого-стратиграфическое описание разреза, выполненное в соответствии со стратиграфическими разбивками, сделанными при интерпретации сейсморазведочных материалов 3D и данных ГИС по всему району Центрально-Хорейвейского поднятия, в пределах которого расположено и Висовое месторождение.

Отложения палеозоя залегают на фундаменте позднепротерозойского возраста, который не вскрыт скважинами и по различным данным расположен в пределах территории работ на глубинах от 5,5 км до 6,5 км. Они представлены породами силурийского, девонского, каменноугольного и пермского возраста.

Непосредственно в пределах Висового месторождения породы нижнего отдела не вскрыты. Предположительно могут быть представлены карбонатами ландоверийского и венлокского ярусов, которые вскрыты на близлежащих месторождениях – Сюрхаратинском, Восточно-Сихорейском, Западно-Хоседаюском. Последнее граничит с Висовым месторождением на западе.

Ландоверийский ярус (S_{1l}) представлен на этих месторождениях нерасчленёнными отложениями джагальского и филиппьельского горизонта в виде переслаивания ангидрито-доломитовых пород и известняков. Известняки серые до тёмно-серых, мелкокристаллические, массивные, участками неясно слоистые за счёт неупорядоченных включений глинистых тёмноокрашенных разностей, плотные, крепкие. Ангидрито-доломитовые породы, серые, тонкокристаллические, массивные участками волнисто-горизонтально-слоистые за счёт слоёв тёмно-серого глинистого материала, плотные, крепкие с единичными стилолитовыми швами. Вскрытая мощность на соседних площадях составляет 15–30 м.

Венлокский ярус (S_{1v}) на указанных выше месторождениях представлен неравномерным чередованием доломитов и известняков. Доломиты серые до светло-серых, со слабым зеленоватым оттенком, мелко-тонкокристаллические, массивные, участками неясно горизонтально-слоистые, плотные, крепкие, с прослоями аргиллитов зеленовато-тёмно-серых, слюдистых, чешуйчатых со стилолитовыми швами. Известняки буровато-серые, тонко-мелкокристаллические, массивные, плотные, крепкие, участками неравномерно доломитизированные, где приобретают светло-серую окраску, с единичными микротрещинами, выполненными белым кальцитом, с редкими малоамплитудными стилолитовыми швами. Мощность отложений во вскрывших горизонт скважинах колеблется от 209 до 213 м.

Отложения верхнего отдела силурийской системы представлены в рассматриваемом районе лудловским (S_{2ld}) и ржидольским ярусами (S_{2p}) в составе гердьюского и гребенского горизонтов соответственно. Регионально отложения существенно сокращаются в западном направлении за счёт предсреднедевонского перерыва седиментации и последующего размыва (до единиц метров). На Висовом месторождении породы также не вскрыты. Ближайшими месторождениями, где вскрывается данный интервал разреза, являются Северо-Хоседаюское месторождение, расположенное южнее и Западно-Хоседаюское, расположенное западнее.

Отложения девонской системы в рассматриваемом районе представлены нижним и верхним отделами. Из разреза выпадают отложения среднего девона. Непосредственно скважинами Висового месторождения вскрыта только верхняя часть девонских отложений.

В пределах Висового месторождения породы данного возраста не вскрыты. Ближайшее месторождение, где вскрыта эта часть разреза – Северо-Хоседаюское. Там они представлены в объёме лоховского яруса (D_{1l}), сложенным тёмно-серыми неравномерно доломитизированными известняками, вторичными доломитами, мергелями, аргиллитами и глинистыми алевролитами. Толщина отложений меняется в диапазоне от 9 м до 41 м. Регионально предполагается сокращение толщин отложений в западном направлении, вплоть до их отсутствия.

Верхнедевонские отложения в составе Франского и Фаменского ярусов несогласно залегают на Нижнедевонских. Из разреза выпадают полностью отложения среднего девона и нижней части верхнего девона (Яранский и Джъерский горизонты).

В объёме франского яруса выделяются три подъяруса: нижний (Тиманский Горизонт), средний (Саргаевский и Доманиковский горизонты) и верхний (Ветласянский, Сирачойский, Евлановский и Ливенский горизонты).

Тиманский и Саргаевский горизонты ($D_3tm + sr$) выделяются совместно, сложены преимущественно терригенными породами: аргиллитами тёмно-серыми, массивными, реже горизонтально-слоистыми, плотными, известковистыми с прослоями алевролитов, мергелей и известняков. Отложения вскрыты только на соседнем Северо-Хоседаюском месторождении скважинами №№ 1п, 30оц и 33п. Толщина их здесь составляет около 20 м в пределах площади, регионально меняясь от 20 м до 90 м с тенденцией к сокращению в западном направлении.

Доманиковский горизонт (D_3dm) представлен двумя типами пород: в нижней части – известняками тёмно-серыми, почти чёрными, глинисто-битуминозными, формирование которых проходило в относительно глубоководных условиях, в верхней части присутствуют прослои более светлых разностей известняков, а также органогенно-детритовые известняки пятнистой расцветки за счёт светлого органогенного детрита, сцементированного чёрным глинистым материалом. Горизонт также не вскрыт в пределах Висового месторождения. По сопредельным площадям толщина отложений горизонта изменяется от 51 м до 69 м.

Ветласянский горизонт (D_3vt) в сводовых частях структур отсутствует, но его наличие не исключается в склоновых и/или подошвенных частях структуры.

Сирачойский, Евлановский и Ливенский горизонты ($D_3src + ev + lv$) в нижней части представлены массивными вторичными доломитами и известняками с причудливыми инкрустациями, характерными для биогермных пород. Доломиты сложены мозаичными кристаллами средней и мелкой размерности, часто с зональным строением, что говорит о полицикличности их образования. Порода неравномерно пориста. Расположение пор и кристаллов разной размерности отражает первичное органогенное строение: реликты водорослевых корочек, пластинчатых строматопорат, амфипор, кораллов. Кроме того, наблюдаются многочисленные вторичные поры и мелкие каверны. Пустоты частично залечены ангидритом и забиты битумом. Возраст этой части разреза по конодонтам датируется как сирачойский.

Для верхней части разреза характерно широкое присутствие известняков водорослевых, строматопорово-водорослевых, кораллово-водорослевых, а также известняков с инкрустациями, развивающимися по скелетам этих организмов. Среди перечисленных пород присутствуют прослои онколито-оолитовых, комковатых детритовых известняков. Все породы перекристаллизованы и доломитизированы вплоть до образования средне-мелкозернистого доломита и в верхней части выщелочены. По всему разрезу развиты как горизонтальные, так и вертикальные стилолитовые швы. По сопоставлению с разрезами соседних площадей известняковую часть разреза можно отнести по возрасту к евлановско-ливенским отложениям.

Рассмотренные вторичные доломиты и известняки образуют биогермный массив, где главными каркасостроителями наряду с водорослями являются строматопороидеи. В тыловой и прикровельной части массивов второстепенную роль играют сферово-сгустковые и узорчатые известняки, образованные благодаря жизнедеятельности водорослей и бактерий, подвергшихся неравномерному известкованию.

На сейсмических материалах зона развития этого биогермного массива франского возраста прослеживается в субмеридиональном направлении через всю Хорейверскую впадину, образуя седиментационную структуру – Центрально-Хорейверское поднятие. В северо-восточной части этого поднятия расположено Висовое месторождение.

Верхнефранские отложения в пределах Висового месторождения не вскрыты. На расположенной южнее Северо-Хоседаюсской площади полная вскрытая толщина отложений верхнефранского подъяруса составляет 305–483 м.

Несогласно залегают на франских отложениях и выделяется на месторождении в составе трёх подъярусов: нижнего (задонский и елецкий горизонты) и нерасчленённого средне-верхнего (Усть-Печорский горизонт, Зеленецкий горизонт и Ньюмылгский

горизонт). В составе нижнего подъяруса отсутствует его нижняя часть – волгоградский горизонт. Согласно интерпретации сейсморазведки 3D, Зеленецкий и Ньюмылгский горизонты, а также верхняя часть Усть-Печорского горизонта эродированы в течение предсредневизейского размыва.

Отложения Задонского и Елецкого горизонтов ($D_{3zd} + el$) представлены преимущественно карбонатами, накопившимися в мелководно-шельфовых условиях.

В целом для района Центрально-Хорейверского поднятия в нижней части интервала Задонско-Елецких отложений, как правило, отмечается присутствие пачки пород, хорошо выделяющейся по каротажным диаграммам и характеризующейся сильно расчленённой кривой кажущихся сопротивлений и низкими значениями гамма-активности. Литологически она представлена светлыми сильно вторично преобразованными слоистыми известняками, с прослоями массивных. Характерной особенностью пачки является присутствие в ней так называемых «рухляков» – очень пористых, рассыпающихся, мелоподобных, пачкающих руки известняков.

Пачка сложена следующими разновидностями известняков: микро-зернистыми, комковатыми, сгустковыми, сферово-сгустковыми, оолито-выми, онколитовыми, желваковыми, интракластовыми, реже детритовыми, преимущественно водорослевыми. Для этих отложений характерно наличие водорослевых текстур. Водоросли образуют в породе многочисленные корочки, пленки, желваки, клубочки. Нередко водорослевые известняки имеют «войлочное», «губчатое», «ячеистое» строение.

Для пород пачки характерно так же присутствие весьма специфических водорослевых образований – узорчатых известняков, отличительной особенностью которых является наличие в них многочисленных гнёзд причудливой формы с неправильными извилистыми очертаниями (так называемых «фенестр»), заполненных прозрачным кристаллическим кальцитом и имеющих часто послойное расположение.

Все описанные породы являются крайне мелководными, биохемотренными, основой для которых послужили карбонатные илы, продуцируемые водорослями. Мощность пачки с «рухляками» достигает в отдельных разрезах 200 м.

Вверх по разрезу отложения сменяются вторично преобразованными слоистыми известняками, с прослоями массивных (пласты D_{3fmlI} и D_{3fmlII}). Известняки микро-зернистые, комковатые, сгустковые, сферово-сгустковые, оолитовые, онколитовые, желваковые, интракластовые, реже детритовые, преимущественно водорослевые.

Регионально в ряде сопредельных участков эти отложения также могут быть представлены известняками серыми и светло-серыми, кристаллическими, массивными, плотными, крепкими, с микротрещинами, заполненными тёмно-серым глинистым материалом, с единичными включениями пирита, отпечатков раковинчатой фауны, с прослоями голубовато- и тёмно-серых аргиллитов, слагающих толщу облекания рифового массива.

Нижнефаменские отложения Центрально-Хорейверской рифовой зоны рассматриваются обычно в качестве толщи облекания позднефранского барьерного рифа. Также существуют точки зрения о том, что они, как и Франские отложения, являются биогермными образованиями, отличаясь от последних видом образований, в частности – строматолитов.

Верхняя часть Задонско-Елецких отложений (пласт $D_{3fmlIII}$) в пределах Висового месторождения нефтенасыщена. На Висовом месторождении пласт $D_{3fmlIII}$ вскрыли 48 скважин, из них полностью – только 3: скважина № 14п на Лапкотынском куполе (продуктивная) и скважины №№ 2405 и 2406 на Висовском куполе (водонасыщенные).

Мощность Задонско-Елецких отложений изменяется от 113 до 254 м.

В основании нерасчленённых Усть-Печорского, Зеленецкого и Ньюмылгского горизонтов ($D_{3up} + zl + nm$), представляющих средне-верхнефаменский подъярус, залегает интервал комковато-сгустковых, детрито-водорослевых известняков, с включениями онколитов и органогенного детрита. Он индексируется как пласт D_{3fmlIV} , продуктивный в большинстве месторождений Центрально-Хорейверского поднятия, включая Висовое месторождение. От подстилающих его Задонско-Елецких отложений этот интервал отделяется маломощным (около 3–7 м) пропластком глин (либо глинистых известняков), который хорошо выделяется по данным ГИС.

Необходимо отметить, что по мере продвижения в восточном и юго-восточном направлении упомянутый маркирующий пласт глин становится всё менее прослеживаемым. Так, на Висовом месторождении он приобретает вид тонкого известняково-глинистого пропластка с мощностью в 1–2 м, который не всегда уверенно прослеживается, а южнее, на Северо-Хоседаюсском месторождении, он зачастую полностью сливается с вмещающими породами.

Выше по разрезу выделяются три пачки пород, развитые на всей сопредельной территории.

Нижняя пачка сложена известняками серыми, зеленовато-серыми, разномышными, доломитизированными, слабоглинистыми, пятнистыми, неяснослоистыми, со скоплениями криноидей, с брахиоподами и ходами илоедов.

Средняя пачка характеризуется высокими показаниями гамма-активности и представляет собой толщу переслаивания глины зеленовато-серой, аргиллитоподобной, слабоизвестковистой, алевролитистой и известняков неравномерно глинистых с узловой текстурой, содержащих включения гипса, раковины брахиопод, ходы илоедов, корковые водорослевые образования. Эта пачка пород имеет повсеместное распространение на севере Тимано-Печорской провинции, и является хорошим стратиграфическим (Усть-Печорским) репером при корреляции верхнедевонских отложений.

Завершает разрез верхнедевонских отложений пачка пород более чистая по ГК, сложенная известняками коричневатого и зеленовато-серыми, разномышными, неравномерно доломитизированными, прослоями органогенно-детритовыми, с волосными прослоями глинистого материала, с многочисленными стилолитовыми швами. В ней встречаются многочисленные гнезда ангидрита.

Толщина средне-верхнефаменских отложений в пределах месторождения изменяется от 220 до 300 м. Колебания толщин связаны с неравномерным размывом верхней части фаменского яруса во время предсредневизейской региональной эрозии.

Тектоническое строение

В тектоническом отношении Висовое месторождение расположено в пределах центральной части Хорейверской впадины – структуры первого порядка Печорской синеклизы. Впадина граничит на западе с Колвинским мегавалом, на востоке – с Варандей-Адзвинской структурной зоной. К север-северо-востоку впадина продолжается в акваторию Печорского моря, а к юго-востоку ограничена Воркутинским поднятием.

Осадочный чехол Хорейверской впадины имеет мощность, которая по разным оценкам колеблется в диапазоне 4,0–7,5 км. В его разрезе выделяются кембрийско-нижнеордовикский, нижнеордовикско-нижнедевонский, среднедевонско-нижневизейский, средневизейско-нижнетриасовый и среднетриасово-нижнемеловой структурно-формационные этажи, отражающие крупные тектонические перестройки в различные исторические этапы развития региона.

По нижележащим кембрийско-нижнеордовикскому и нижнеордовикско-нижнедевонскому структурно-формационным этажам Хорейверской впадины соответствует Большеземельский свод, унаследовавший структуру фундамента. Характерной особенностью свода является возрастание стратиграфической полноты и мощности отложений нижних структурно-формационных этажей от вершины к его периферийным частям. Причём к вершине свода наблюдается постепенное выпадение из разреза отложений среднего, нижнего девона и значительной части отложений верхнего силура.

По подошве доманика Хорейверская впадина представляет собой пологую структуру с общей тенденцией погружения на северо-запад (от 3200 до 4200 м), в которой выделяется ряд структурных элементов второго порядка, к центральной из них – Колвависовской ступени – приурочена рассматриваемая территория. С север-северо-запада ступень граничит с Садаягинской ступенью, с юга – с Возейским, Усинским валами и Цильегорской депрессией. Восточная часть ограничена валом Сорокина – структурой второго порядка, выделяемой в пределах Варандей-Адзвинской зоны.

По подошве триасовых отложений черты ступенчатого строения Хорейверской впадины нивелируются, приобретая облик пологой моноклинали, осложнённой структурными носами, террасами и малоамплитудными (не более 50 м) локальными поднятиями.

Непосредственно Висовое поднятие выделяется в составе группы биогермных структур девонского возраста, которые образовались на границе двух тектонических элементов – Колвависовской и Садаягинской ступеней.

Тектоническая схема региона представлена на рисунке 2.

По структурным поверхностям район Висового месторождения представляет собой моноклиналиную поверхность, погружающуюся в восток-северо-восточном направлении и осложненную в её центральной части структурным носом. Регионально структура является восточной периклиналью Большеземельского свода, купольная часть которого расположена западнее месторождения. Диапазон глубин залегания ОГ IV в пределах Висового месторождения составляет около 400 м, меняясь от – 4690 м на Лапкотынском куполе до – 5080 м в районе самой восточной скважины № 6р. Угол погружения поверхности равен в среднем 3–5 градуса, достигая 8–10 градусов. На юге от месторождения (в районе Северо-Хоседаюской площади) здесь картируется антиклинальная складка, слегка вытянутой в юго-запад – север-северо-восточном направлении с более пологим северным крылом и более крутым южным. Северо-западная и северо-восточная периклинали этой складки приходятся на район Висового месторождения.

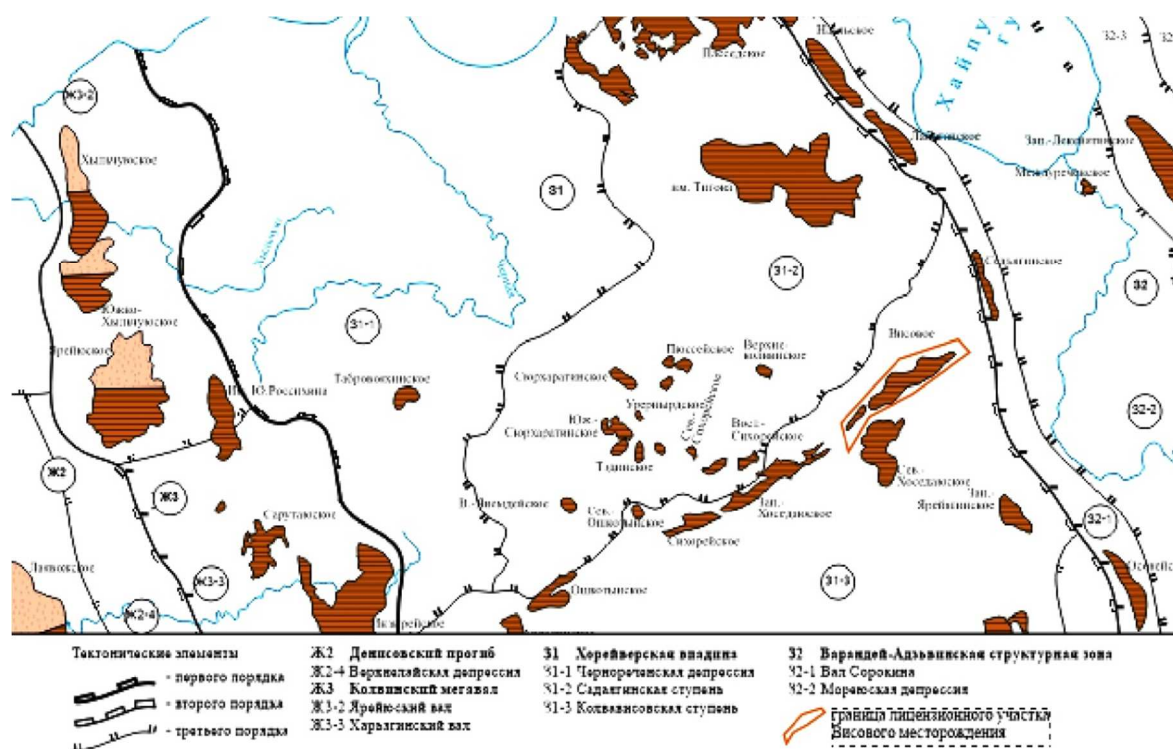


Рисунок 2 – Тектоническая схема Тимано-Печорской НГО

Кровля ОГ III_{f3} идентифицируется с поверхностью крупного биогермного массива, формировавшегося на протяжении позднего франа и который обусловил структурный план вышезалегающих продуктивных горизонтов. Массив имеет линейную форму, ориентированную в юго-западно – северо-восточном направлении и осложнённую более локальными поднятиями. Для всей зоны поднятий характерны более крутые юго-восточные крылья и более пологие северо-западные.

В пределах месторождения выделяется основное поднятие, оконтуренное изогипсой – 3220 м и имеющее размеры 1,5 x 10,0 км, поднятие в районе скважины № 6р, которое по изогипсе – 3260 м имеет размеры 1,5 x 2,5 км и структурный нос в районе Лапкотынского купола, который по рассматриваемому ОГ раскрывается в юго-западном направлении в сторону Западно-Хоседаюского поднятия. По изогипсе – 3220 м его размеры составляют 1,5 x 4,0 км.

Таким образом, по кровле пласта D₃fmIV в пределах месторождения картируются две основных морфологических единицы – это поднятие на юго-западе лицензион-

ного участка и основное поднятие. Первое (Лапкотынский купол) оконтуривается изогипсой – 3010 м и имеет размеры 2,0 x 3,0 км при амплитуде около 50 м. Наклоны крыльев здесь по-прежнему различаются – от 1–2 градусов на северо-западе до 10–15 градусов на юго-востоке. В отдельных случаях достигают 20 градусов.

Основное поднятие оконтуривается изогипсой – 3020 м и имеет размеры 3,5 x 18,0 км при амплитуде около 70 м. Углы крыльев структуры аналогичны Лапкотынскому поднятию – от 1–2 градусов на северо-западе до 10–15 градусов на юго-востоке.

В интервале отражающих горизонтов ОГ III_{f3} – ОГ III_{up} при интерпретации сейсмических материалов 3D был выделен ряд малоамплитудных дизъюнктивных нарушений. Они могут быть связаны как с процессами гравитационного проседания (уплотнения) пород различной плотности при переходе от рифогенных карбонатов к терригенно-карбонатным породам предрифовых зон, так и со сбросо-сдвиговыми движениями, происходившими в раннекимммерийском и альпийском этапах тектонической активности.

Несмотря на то, что при интерпретации материалов 3D сейморазведки нарушения были выделены, и существует косвенная геолого-промысловая информация, не исключающая развитие дизъюнктивных нарушений в регионе Центрально-Хорейверского поднятия, на дату выполнения подсчёта запасов Висового месторождения не имеется убедительных оснований рассматривать выделенные нарушения в качестве тектонических экранов. Все наблюдаемые области, которые можно рассматривать в качестве отдельных тектонических блоков, имеют одинаковый уровень ВНК. Также следует отметить наличие нефтенасыщенных коллекторов юго-восточнее от предположительного регионального нарушения, в районе скважины № 7р.

Нефтегазоносность

Висовое месторождение расположено в пределах Коллависовского нефтегазозносного района (НГР), входящего в состав Хорейверской нефтегазозносной области (НГО) Тимано-Печорской нефтегазозносной провинции, и приурочено к Центрально-Хорейверской зоне рифогенных построек. Помимо Висового, к этой зоне приурочен ряд других месторождений: Западно-Хоседаюское, Северо-Хоседаюское и др.

Исходя из литолого-стратиграфической схемы палеозойских отложений рассматриваемой НГО, в разрезе Висового месторождения нефтяные залежи выделены в фаменских отложениях верхнего девона – пластах D₃fmIII и D₃fmIV. Нефтеносность залежей установлена по данным опробований, ГИС и керна. Покрышкой для продуктивной толщи служат плотные глинисто-карбонатные отложения средне-позднефаменского возраста, представленные известняками глинистыми, пятнисто-доломитизированными, с тонкими прослоями доломитов и аргиллитов.

Характеристика залежей месторождения приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика залежей

Пласт	Купол	залежь в районе скважины	Тип залежи	Размеры залежи		Площадь залежи, тыс. м ²	Абсолютная отметка / глубина залегания кровли (интервал изменения) по скважинам залежи, м	Абсолютная отметка ВНК (интервал изменения), м	высота, м
				длина, км	ширина, км				
D ₃ fmIV	Лапкотынский	14п	пластовая	3,3	1,4	3548	-2939,7-3003,4/ 3076,1-3141,3	-3003,4 (условно)	60
	Висовский	2п	пластовая	18,2	3,9	38176	-2959,1-3070,7/ 3092,6-3218,6	-3046,2-3051,8 среднее -3049±2,8	94
D ₃ fmIII	Лапкотынский	14п	пластово-массивная	1,0	0,8	226	-2973,9-3004,0/ 3110,29-3141,4	-2997,4	26
	Висовский	бр	пластово-массивная	3,8	1,2	2660	-3033,4-3075,4/ 3189,6-3237,5	-3054-3059	32
		2п	пластово-массивная	7,4	1,3	5750	-2999,4-3071,8/ 2126,0-3206,1	-3032-3039	37

В пласте D_3fmIV выделены две залежи нефти, приуроченные к Висовскому и Лапкотынскому куполам.

Диапазон изменения ВНК составляет – 3046,2–3051,8 м и принят на средней а.о. – 3049 ± 2,8 м.

Структурный план залежи осложнён тектоническими нарушениями (экранирующие свойства выделенных нарушений на сегодняшний день не доказаны). Из 53 скважин, пробуренных в пределах залежи, до ВНК добурены 49, до подошвы пласта – 45.

Общая толщина пласта по скважинам, вскрывшим подошву пласта, изменяется от 39,0 м до 51,7 м, среднее значение 45,2 м. Эффективная толщина изменяется от 3,5 м до 18,1 м (в среднем 10,0 м). Доля коллектора в общем объёме пласта составила 0,079-0,390 (в среднем 0,222); расчленённость изменяется от 3 до 13.

Залежь пластово-сводовая, имеет неправильную форму, вытянутую с юго-запада на северо-восток. Длина залежи составляет 18,2 км, ширина изменяется от 0,5 км в крайней северо-восточной части до 3,9 км в центре. Максимальная высота залежи – 94 м. Эффективные нефтенасыщенные толщины по данным ГИС изменяются от 3,5 м в скважине № 2703-бс до 18,1 м в скважине № 2503, среднее значение – 9,5 м.

На Лапкотынском куполе залежь вскрыта двумя скважинами №№ 14п и 22п.

Общая толщина пласта по скважинам составляет 39,2 м и 43,5 м, эффективная и эффективная нефтенасыщенная толщина – 9,0 м и 9,3 м. Доля коллектора в общем объёме пласта составила 0,214 и 0,230; расчленённость 6 и 8.

Залежь пластово-сводовая, имеет неправильную условно овальную форму, вытянутую с юго-запада на северо-восток. Длина залежи составляет 3,3 км, ширина изменяется от 1,1 км до 1,4 км. Максимальная высота залежи – 60 м.

В пласте D_3fmIII выделено три залежи нефти – одна на Лапкотынском куполе и две на Висовском.

Основные этапы проектирования разработки месторождения

Висовое месторождение было открыто в 1989 году, с вводом в пробную эксплуатацию в 2009 году. Объектом разработки на месторождении является залежь нефти пластов $D_3fm-III$ и D_3fm-IV Висового купола, а также пласт $D_3fm-III+IV$ Лапкотынского купола.

История проектирования разработки Висового месторождения включает два проектных документа.

«Проект пробной эксплуатации Висового месторождения», выполненный ОАО «ГИПРОВОСТОКНЕФТЬ» в 2009 году, среди основных проектных решений которого были:

– выделение двух эксплуатационных объектов – $D_3fm-III$ и D_3fm-IV Висовского купола;

– разработка залежей на естественном режиме;

– общий фонд скважин – 18 добывающих, из них одна горизонтальная;

– фонд скважин для бурения – 14, из них одна ГС;

– бурение одной разведочной скважины.

– обеспечить выполнение программы исследовательских работ (в том числе доразведки) с обязательным определением коэффициента вытеснения нефти и ОФП, изучением физико-химических свойств пластовых флюидов.

В 2013 ОАО «ВНИИнефть» была составлена «Технологическая схема разработки Висового месторождения», являющаяся в настоящее время действующим проектным документом.

Характеристика текущего состояния разработки месторождения

Действующим проектно-технологическим документом предусматриваются следующие проектные решения и технологические показатели:

– на месторождении выделено 3 объекта эксплуатации: пласт $D_3fm-III$ Висового купола, пласт D_3fm-IV Висового купола и пласт $D_3fm-III + IV$ Лапкотынского купола;

– общий фонд скважин – 57 ед., из них:

– 50 добывающих;

– 3 нагнетательные;

– 4 ликвидированные;

- фонд для бурения – 25 скважин, включая 22 добывающих и 3 нагнетательные;
- бурение боковых стволов – 33 скв/опер.;
- наколенная добыча нефти 10045 тыс. тонн;
- КИН – 0,344;
- $K_{\text{охв}}$ – 0,709;
- ПСС – 87 га;
- предусмотрен дополнительный перевод в нагнетательный фонд 7 скважин из числа выбывших добывающих;
- форсированный отбор жидкости за счёт ГТМ с 2041 года с целью сокращения срока разработки месторождения на 25 лет.

По состоянию на 01.01.2016 г. на месторождении пробурено 56 скважин, из них 49 – эксплуатационных (46 – добывающих и 3 – нагнетательных), 3 – ликвидированных, 4 – контрольных.

В действующем добывающем фонде на 01.01.2016 г. находится 41 скважина, в бездействии находятся 5 скважин:

- скважина № 2109 (в бездействии (ожидание ЗБС) с 26.03.2014 г., обводнённость скважины на момент отключения составляла 87 %, дебит нефти – 5,9 тонн/сут.);
- скважина № 2201 (остановлена в конце ноября 2014 года на РИР (25 м³/сут. дебит жидкости на момент отключения), обводнённость – 85 %);
- скважина № 2209 (ЗБС, высокая обводнённость – 96 %);
- скважина № 2508 (нет подачи, дебит нефти – 11,1 тонн/сут., обводнённость – 38,2 %, ОПРС);
- скважина № 14П (остановка 25 октября 2015 года на РИР, обводнённость – 38,6 %, дебит нефти – 28,1 тонн/сут., ОПРС).

Эксплуатация действующих скважин осуществляется механизированным способом (ЭЦН).

По состоянию на 01.01.2016 г. в нагнетательном действующем фонде числятся 3 скважины (№№ 2507, 2601 и 2604), из них одна (скважина № 2507) с августа 2015 года переведена из добывающего фонда. Контрольный фонд состоит из 4 скважин, в том числе 1 наблюдательной (скважина № 2208) и 3 пьезометрических (скважины №№ 2204, 2705 и 2706).

В таблице 2 и на рисунке 3 представлено распределение действующего добывающего фонда по дебитам нефти и обводнённости.

Таблица 2 – Распределение фонда по дебитам нефти и обводнённости по состоянию на 01.01.2016 г.

Обводнённость, %	Дебит нефти, тонн/сут.					Итого, шт.
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	
0–20		2	2			4
20–40		4	3	1		8
40–60		8				8
60–80	10	2	1			13
80–100	4	4				8
Итого, шт.	14	20	6	1		41

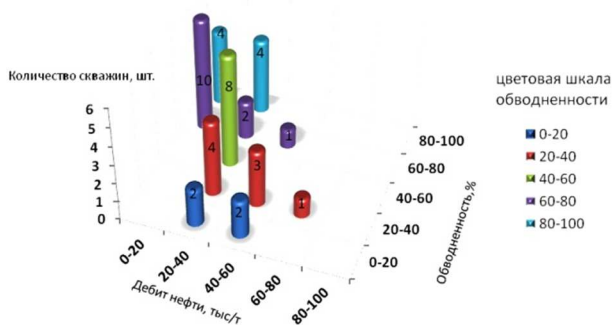


Рисунок 3 – Распределение фонда по дебитам нефти и обводнённости по состоянию на 01.01.2016 г.

Основная часть фонда скважин – 26,8 % работают с дебитом жидкости 40–60 тонн/сут., 3 скважины с дебитами от 150–200 тонн/сут. (7,3 %) и 1 скважина с дебитом свыше 200 тонн/сут. (скважина № 2603). Обводнённость скважины при этом составляет 93,6 %, а дебит нефти при этом составляет 15,8 тонн/сут.

Анализ разработки Висового месторождения

Анализ разработки выполнен на основе расчёта показателей ГТМ в рамках определения объёма потребного количества для выполнения СКО на скважине, так как применение данного метода хорошо сочетается с геолого-физическими и эксплуатационными параметрами месторождения.

Пласты, вскрываемые скважинами-кандидатами, имеют высокую мощность. Анализируя геомеханические характеристики пласта, можно предложить в виде ГТМ кислотную обработку, гидравлический разрыв пласта или их комбинацию. На обеих скважинах наблюдается снижение или стабильность дебита год к году, что можно объяснить изменением скин-фактора. Для вовлечения недренируемых пропластков и участков нефтесодержащей породы отлично подойдёт СКО.

Методика выполнена и представлена по локальным правовым документам компании ООО СК «РУСВЬЕТПЕТРО» на месторождении Висовое.

Расчёт параметров при проведении СКО

Необходимо рассчитать следующие технологические параметры и показатели:

- общий объём раствора, м³;
- объём воды, м³;
- объём концентрированной соляной кислоты, м³;
- объём концентрированной уксусной кислоты, м³;
- объём хлористого бария, м³;
- объём бланкета (хлористого кальция), м³;
- объём ингибитора коррозии, м³;
- объём интенсификатора (Марвелан-К), м³;
- коэффициент продуктивности до и после проведения мероприятия;
- дебит скважины до и после мероприятия, м³/сут.

Проектирование солянокислотной обработки сводится к выбору концентрации кислотного раствора, устанавливаемого экспериментально, а также к расчёту необходимого количества товарной кислоты и химических реагентов. Норма расхода кислотного раствора составляет 1,0–1,2 м³ на один метр обрабатываемой толщины пласта. Порядок расчёта представлен ниже.

1. Определяем общий объём соляно кислотного раствора, м³:

$$Q = V \cdot h \quad (1)$$

где V – средняя норма расхода соляной кислоты на 1 м интервала обработки, принимаемая равной 1,2, м³; h – вскрытая эффективная мощность пласта, м.

2. Количество концентрированной соляной кислоты для приготовления солянокислотного раствора, м³:

$$Q_x = \frac{Q \cdot x \cdot (5,09 \cdot x + 999)}{z \cdot (5,09 \cdot z + 999)} \quad (2)$$

где z – концентрация товарной кислоты, %;
 x – концентрация солянокислотного раствора, %.

3. В качестве стабилизатора против выпадения из солянокислотного раствора содержащихся в нём солей железа добавляется уксусная кислота, количество которой вычисляется по формуле:

$$Q_{ук} = \frac{b \cdot Q}{c_{ук}} \quad (3)$$

где $c_{ук}$ – концентрация уксусной кислоты, %;
 b – процент добавки уксусной кислоты к объёму раствора, доли ед.

4. Процент добавки определяется по формуле:

$$b = f + 0,8 \quad (4)$$

где f – содержание в соляной кислоте солей железа, %.

В товарной соляной кислоте второго сорта содержится примесь серной кислоты – параметр a , которая после её реакции с углекислым кальцием образует гипс в ходе реакции, закупоривая поры пласта.

5. Определение количества хлористого бария в соляной кислоте, m^3 :

$$Q_{\text{хб}} = \frac{21,3 \cdot Q \cdot \frac{a \cdot x}{z} - 0,02}{\rho_{\text{хб}}}, \quad (5)$$

где 21,3 – масса хлористого бария, необходимая для нейтрализации 10 кг серной кислоты, кг; a – объёмная доля серной кислоты в товарной соляной кислоте, %; x – концентрация солянокислотного раствора, %; z – концентрация товарной соляной кислоты, %; 0,02 – допустимая объёмная доля серной кислоты в растворе, когда после реакции её с породами соли не выпадают в осадок.

Плотность хлористого бария 4000 кг/м^3 .

6. Необходимый объём ингибитора определяется по формуле:

$$Q_{\text{н}} = \frac{b_{\text{н}} \cdot Q}{c_{\text{н}}} \quad (6)$$

где $c_{\text{н}}$ – объёмная доля товарного ингибитора, %;
 $b_{\text{н}}$ – норма добавки ингибитора, %.

7. Принимая в качестве интенсификатора для понижения поверхностного натяжения ПАВ Марвелан-К, его необходимый объём найдём по формуле:

$$Q_{\text{инт}} = \frac{b_{\text{инт}} \cdot Q}{c_{\text{инт}}} \quad (7)$$

где $b_{\text{инт}}$ – норма добавки интенсификатора, %.

8. Объём закачиваемого blankets определяется по формуле:

$$Q_{\text{бл}} = 0,785 \cdot D^2 \cdot H \quad (8)$$

где H – глубина зумпфа, м; D – внутренний диаметр скважины, м.

9. Суммарный объём всех добавок:

$$\sum Q = Q_{\text{ук}} + Q_{\text{инт}} + Q_{\text{бл}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{хб}} \quad (9)$$

Далее все посчитанные показатели сводятся в таблицу.

Эффективность проведённого мероприятия оценивается по формулам (10) и (11), определяя дебит и коэффициент продуктивности до и после солянокислотной обработки соответственно.

Дебит определяется по формуле Дюпюи:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h}{\mu_{\text{н}} \cdot B_0} \cdot \frac{\Delta P}{\ln \left(\frac{r_{\text{др}}}{r_{\text{скв}}} \right) + \text{Skin}} \quad (10)$$

где k – проницаемость пласта, м Дарси; h – вскрытая эффективная толщина пласта, м; μ – вязкость нефти, сПз; ΔP – перепад давления, атм.; $r_{\text{др}}$ – радиус дренирования, см; $r_{\text{скв}}$ – радиус скважины, см; Skin – скин-фактор.

Коэффициент продуктивности определяется по формуле:

$$K = \frac{q}{\Delta P} \quad (11)$$

где q – дебит скважины, м³/сут.; ΔP – перепад давления, атм.

Сравнение и анализ показателей моделирования

Исходные данные представлены в таблице 3. Визуализации результатов приведены на рисунках 4 и 5.

Таблица 3 – Исходные данные

Показатель	Скважина	
	№ 3006	№ 3008
Давление контурное $P_{кон}$, атм.	135	147
Давление забойное $P_{заб}$, атм.	117	123
Проницаемость k , Дарси	0,45	0,49
Скин-фактор S	4,5	6
Радиус скважины $r_{скв}$, см	6,6	6,6
Радиус дренирования $r_{др}$, см	18000	18000
Коэффициент пластового объёма нефти b	1,025	1,025
Вязкость нефти μ_n , сПз	3,5	3,8
Эффективная мощность пласта h , м	7,5	8,2
Зумпф H , м	10,5	12
Внутренний диаметр скважины D , м	0,132	0,132
Концентрация солянокислотного раствора x , %	10,5	10,5
Исходная концентрация товарной соляной кислоты z , %	26,5	26,5
Норма расхода соляной кислоты V , м ³	1,2	1,2
Объёмная доля расхода серной кислоты в товарной продукции a , %	0,6	0,6
Плотность хлористого бария $\rho_{хб}$, кг/м ³	4000	4000
Масса хлористого бария $m_{хб}$, кг	21,3	21,3
Допустимая объёмная доля серной кислоты в растворе	0,02	0,02
Норма добавки ингибитора b , %	0,2	0,2
Норма добавки интенсификатора $b_{инт}$, %	0,3	0,3
Исходная концентрация уксусной кислоты $c_{укс}$, %	56	56
Дебит скважины q , м ³ /сут.	8,56	10,19
Коэффициент продуктивности K	0,47	0,42

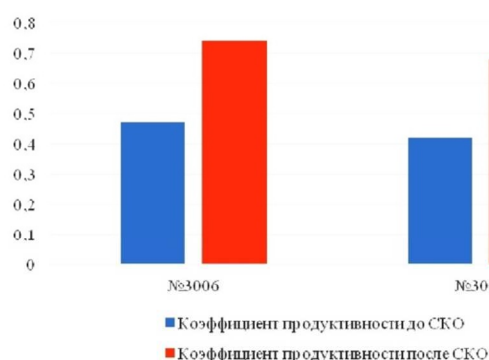


Рисунок 4 – Динамика изменения коэффициента продуктивности

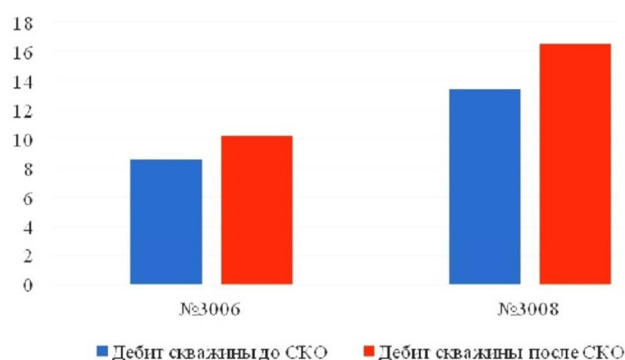


Рисунок 5 – Динамика изменения дебитов скважин до и после проведения солянокислотной обработки

После проведения солянокислотной обработки на скважинах №№ 3006 и 3008 было выявлено увеличение дебита и коэффициента продуктивности в обоих случаях, они составили соответственно 13,44 м³/сут. с коэффициентом продуктивности 0,74 и 16,5 м³/сут. с коэффициентом продуктивности 0,68. Таким образом, после проведения СКО коэффициент продуктивности скважины в обоих случаях увеличился примерно в 1,5 раза, что связано с уменьшением показателя скин-фактора и увеличением дебита.

Литература

1. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление: в 2 томах: учебное пособие. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2011. – Т. 1–2.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2013–2014. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин : в 4 т. / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, О.В. Савенок, Р.С. Яремийчук. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
5. Варламов П.С. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
6. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
7. Ладенко А.А. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
8. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
9. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
10. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
11. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учеб.пособие: в 2 ч. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
12. Ананченко М.А., Савенок О.В. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Северо-Лабатьюганского нефтяного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 39–56.
13. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.
14. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин на Средне-Макарихинском месторождении // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 30–38.
15. Витязев Я.Д., Савенок О.В. Геолого-промысловая характеристика и анализ текущего состояния разработки Долгинского нефтяного месторождения // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 39–50.
16. Горщарук А.П., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 3. – С. 91–108.
17. Долингер А.А., Савенок О.В. Анализ эффективности проведения ГТМ механическими методами на Хурьинском месторождении // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 151–162.
18. Дроздов А.А., Савенок О.В. Анализ результатов солянокислотных обработок призабойной зоны пласта на добывающих скважинах Салюкинского месторождения // Прикладные вопросы точных наук: материалы V Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей (30–31 октября 2021 года, г. Армавир). – Армавир : Армавирский механико-технологический институт, 2021. – С. 129–133.
19. Кязимов Ф.К. оглы, Рзаева С.Д. кызы, Тулешева Г.Д. Экспериментальные исследования кислотного воздействия на неоднородные пласты // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2 в 2 ч. – Ч. 1. – С. 210–215.
20. Нешков А.И., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 172–185.
21. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Стационарный приток нефти к одиночной горизонтальной скважине в анизотропном пласте // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10–12.
22. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Анализ результатов проведения очистки призабойной зоны солянокислотным раствором на добывающих скважинах Хасырейского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 292–305.

23. Рябинкина Н.Н., Валяева О.В. Геология и геохимия нефтей Лабаганского нефтяного месторождения (Тимано-Печорская провинция) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – Т. 13. – № 4. – С. 1–15.
24. Рясный А.Г., Савенок О.В. Анализ текущего состояния и контроль за разработкой Находкинского месторождения // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 225–233.
25. Савенок О.В., Кусова Л.Г. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения // Вестник студенческой кафедры информационных систем и программирования, 2018. – № 3 (6). – С. 97–120.
26. Соловьёва В.Н., Колбунов М.Г., Савенок О.В. Метод разработки нефтяных месторождений с взаимодействующими объектами // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2012. – № 2 (февраль). – С. 62–69.
27. Таскулов Б.М.У., Дорфман М.Б. Анализ эффективности применения физико-химических методов увеличения нефтеотдачи на Лабаганском месторождении // Наукосфера. – 2021. – № 2–2. – С. 87–91.
28. Туфанова О.П. Выбор метода увеличения нефтеотдачи для условий Тэдинского месторождения // Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых учёных – 2019: сборник материалов конференции: в 2 томах. (26 апреля 2019 года, г. Архангельск). – Архангельск : ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», 2019. – С. 486–491.
29. Хакимова А.С. Нефтегазоносность Хорейверской впадины // Инновационное развитие. – 2017. – № 11 (16). – С. 40–41.
30. Свалов А.М., Григулецкий В.Г. Патент РФ № 2579039. Способ разработки низкопроницаемых нефтегазовых пластов. Дата подачи заявки: 24.04.2015. Дата публикации патента: 27.03.2016. Патентообладатели : Свалов А.М., Григулецкий В.Г.

References

1. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydrate formation: prevention and removal: in 2 volumes: a training manual. – Krasnodar : LLC «Publishing House – Yug», 2011. – VOL. 1–2.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V. The practical course on the discipline of «Oil and Gas Wells Completion»: in 4 volumes: a training manual. – Krasnodar : LLC «Publishing House – Yug», 2013–2014. – VOL. 1–4.
3. Bulatov A.I. Capital underground repair of oil and gas wells : in 4 volumes / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : ООО «Publishing House – Yug», 2012–2015. – VOL. 1–4.
4. Bulatov A.I. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremychuk. – Krasnodar : LLC «Publishing House – Yug», 2016. – 576 p.
5. Varlamov P.S. Plast-testing equipment for hydrodynamic studies of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Printing Works, 2004. – 620 p.
6. Ladenko A.A. Theoretical bases of development of oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : infra-engineering, 2020. – 244 p.
7. Ladenko A.A. Geophysical studies of wells in oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M.: infra-engineering, 2021. – 260 p.
8. Savenok O.V. Oil and gas engineering in well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremychuk. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.
9. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
10. Savenok O.V. Ecological aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
11. Savenok O.V. Designing of oil field development: manual: in 2 parts. – Ukhta : Publishing House of Ukhta State Technical University, 2021.
12. Ananchenko M.A., Savenok O.V. Analysis of the current state and prospects for development of the Severo-Labatyuganskoye oil field // Science. Technology. Tekhnologii (Polytechnicheskij Vestnik). – 2020. – № 4. – P. 39–56.
13. Berezovskiy D.A., Lavrent'ev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling in terms of establishing the conditions of the onset of the mining complication factors // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskij Vestnik). – 2014. – № 2. – P. 27–33.
14. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V. Analysis of hydrochloric acid treatment of wells in the Sredne-Makarikhinskoye field // Bulatovkie readings. – 2017. – VOL. 2. – P. 30–38.
15. Vityazev Ya.D., Savenok O.V. Geological and field characteristics and analysis of the current state of development of the Dolginskoye oil field // Bulatov readings. – 2021. – VOL. 1. – P. 39–50.
16. Gorshcharuk A.P., Savenok O.V. Analysis of hydrochloric acid treatment of wells Voschno-Sotchemyu-Talyuyskoye field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskij Vestnik). – 2021. – № 3. – P. 91–108.

17. Dolinger A.A., Savenok O.V. Analysis of effectiveness of hydraulic fracturing by mechanical methods at Kharyaginskoye field // Bulatov readings. – 2021. – VOL. 1. – P. 151–162.
18. Drozdov A.A., Savenok O.V. Analysis of the results of hydrochloride acid treatments of bottom-hole formation zone in the producing wells of the Salyukinskoye field // Applied Voprosy of exact sciences: Proceedings of the V International Scientific-Practical Conference of students, graduate students and teachers (October 30–31, 2021, Armavir). – Armavir : Armavir Mechanical and Technological Institute, 2021. – P. 129–133.
19. Kyazimov F.K. ogli, Rzayeva S.D. kyzy, Tulesheva G.D. Experimental studies of acid impact on heterogeneous formations // Bulatov readings. – 2018. – Vol. 2 in 2 h. – Part 1. – P. 210–215.
20. Neshkov A.I., Savenok O.V. Analysis of hydrochloric acid treatment of wells in the North-Khosedayuskoye oil field // Nauka. Appliances. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2021. – № 2. – P. 172–185.
21. Nikitin B.A., Griguletsky V.G. Stationary oil inflow to a single horizontal well in an anisotropic reservoir // Oil Economy. – 1992. – № 10. – P. 10–12.
22. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Analysis of the results of cleaning of the bottomhole zone by hydrochloric acid solution in the producing wells of the Khasyreiskoye field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2021. – № 1. – P. 292–305.
23. Ryabinkina N.N., Valyaeva O.V. Geology and geochemistry of oils of Labagan oil field (Timan-Pechora province) // Neftegazovaya geologiya. Theory and practice. – 2018. – VOL. 13. – № 4. – P. 1–15.
24. Ryasny A.G., Savenok O.V. Analysis of the current state and control over the development of the Nakhodka field // Bulatov readings. – 2021. – VOL. 1. – P. 225–233.
25. Savenok O.V., Kusova L.G. Oil recovery and ways to increase it // Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming, 2018. – № 3 (6). – P. 97–120.
26. Solovjeva V.N., Kolbunov M.G., Savenok O.V. Method of development of oil fields with interacting objects // Territory NEFTEGAZ. – 2012. – No. 2 (February). – P. 62–69.
27. Taskulov B., Dorfman M. B. Analysis of the effectiveness of physical and chemical methods to increase oil recovery in the Labagan field // Naukosphere. – 2021. – № 2–2. – P. 87–91.
28. Tufanova O.P. Choice of oil recovery enhancement method for conditions of Tedinskoye field // Lomonosov scientific readings of students, graduate students and young scientists – 2019: collection of conference materials: in 2 volumes. (April 26, 2019, Arkhangelsk). – Arkhangelsk : Lomonosov Northern (Arctic) Federal University, 2019. – P. 486–491.
29. Khakimova A.S. Oil and gas bearing capacity of Khoreyver depression // Innovative Development. – 2017. – № 11 (16). – P. 40–41.
30. Svalov A.M., Griguletsky V.G. Patent of the Russian Federation № 2579039. Method of development of low-permeable oil-and-gas reservoirs. Date of application: April 24, 2015. Date of publication of the patent: March 27, 2016. Patent holders: Svalov A.M., Griguletsky V.G.

УДК 550.812 + 622.276

**ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
СЕВЕРО-САЛЫМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
И АНАЛИЗ ЕГО ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ**



**GEOLOGICAL AND FIELD CHARACTERISTICS
OF THE NORTH-SALYMSKOYE FIELD
AND ANALYSIS OF ITS CURRENT STATE OF DEVELOPMENT**

Задиракина Марина Андреевна

студент направления подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный
технический университет»
m.zadirakina@mail.ru

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. На месторождениях Западной Сибири оставшиеся запасы нефти приурочены в основном к неоднородным коллекторам и трудно извлекаемым запасам. Солянокислотная обработка пласта в настоящее время является одним из наиболее эффективных способов интенсификации добычи нефти из коллекторов с трудно извлекаемыми запасами. В статье рассматривается геолого-промысловая характеристика Северо-Салымского месторождения (приведены сведения о геологическом разрезе, представлены сведения о продуктивных пластах месторождения и их основные параметры: пористость, проницаемость и нефтенасыщенность пород, толщины пластов), основные этапы проектирования разработки месторождения и анализ разработки (описывается действующий фонд добывающих скважин, накопленная добыча нефти, жидкости, накопленная закачка, сравниваются проектные и фактические показатели разработки, приводятся основные показатели состояния разработки).

Ключевые слова: геолого-промысловая характеристика Северо-Салымского месторождения; тектоника и стратиграфия; состав и свойства нефти, насыщающей продуктивные пласты; состав и свойства газа, насыщающего продуктивные пласты; основные этапы проектирования разработки месторождения; анализ состояния разработки Северо-Салымского месторождения; проблемы, возникшие при разработке Северо-Салымского месторождения.

Zadirakina Marina Andreevna

Student Training Direction
21.04.01 «Oil and Gas Engineering»
Ukhta State Technical University
m.zadirakina@mail.ru

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of Development and Operation of Oil
and Gas Fields
and Underground Hydromechanics,
Ukhta State Technical University
olgasavenok@mail.ru

Annotation. In the fields of Western Siberia, residual oil reserves are mainly confined to heterogeneous reservoirs and hard-to-recover reserves. Hydrochloric acid treatment is currently one of the most effective ways to stimulate oil production from reservoirs with hard-to-recover reserves. The article discusses the geological and production characteristics of the North-Salymskoye field (information on the geological section is provided, information on the productive formations of the field and their main parameters: porosity, permeability and oil saturation of rocks, layer thickness), the main stages of the field development design and development analysis (described operating stock of producing wells, cumulative production of oil, fluids, cumulative injection, comparing the design and actual indicators of development, giving the main indicators of the state of development).

Keywords: geological and commercial characteristics of the North-Salymskoye field; tectonics and stratigraphy; composition and properties of oil saturating productive formations; composition and properties of gas saturating productive formations; main stages of field development design; analysis of the state of development of the North-Salymskoye field; problems encountered during the development of the North-Salymskoye field.

Краткие сведения о месторождении

Северо-Салымское месторождение относится к Нефтеюганскому району Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области и расположено в 70 км западнее г. Нефтеюганска, в 150 км к востоку от г. Ханты-Мансийска.

Рассматриваемое месторождение находится между крупными разрабатываемыми месторождениями – Правдинским и Приразломным.

Своей западной границей Северо-Салымский лицензионный участок примыкает к Салымскому (Лемпинская площадь) лицензионному участку. Данная граница пересекает продуктивные пласты в районе западной части залежей. Запасы западных залежей, в том числе и за лицензионной границей, числятся на балансе Северо-Салымского месторождения. Лицензионная граница между Северо-Салымским и Салымским (Лемпинская площадь) ЛУ пересекает пласты АС_{11/1} и БС₆ в западной части. Обзорная схема района работ представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема расположения Северо-Салымского месторождения

В географическом отношении описываемый район представляет собой слабо расчленённую пологую равнину.

Абсолютные отметки местности изменяются от + 35 до + 52 м. Местность сильно заболочена. Глубокие участки болот открыты, мелкие покрыты низкорослым лесом. Гидрографическая сеть представлена реками Обь, Большой Салым. Район изобилует озёрами разных форм и очертаний.

Северо-Салымское месторождение расположено в зоне вечной мерзлоты. Мерзлоты относятся к типу неустойчивых погребённых, с температурой от 0–0,5 °С. Толщина слоя мёрзлых пород составляет 15–40 м, глубина залегания 140–180 м.

Для рассматриваемого района наиболее характерны подзолистые глинистые почвы на сравнительно возвышенных участках, торфянисто-подзолисто-иловые и торфяные почвы на заболоченных участках местности.

Тектоника и стратиграфия

Геолого-геофизические исследования в районе Салымского нефтегазоносного района велись с 1949 года. По мере проведения работ уточнились представления о геологическом и тектоническом строении района. Было выявлено Салымское куполовидное поднятие, осложнённое более мелкими структурами, в том числе и Северо-Салымское поднятие, осложняющее северное крыло Салымского КП и представляющее собой брахиантиклинальную складку меридионального простирания.

С 1958 года на Салымском поднятии начинается детальное изучение геологического строения: широко проводятся площадные сейсморазведочные работы в сочетании с глубоким поисковым бурением.

Поисково-разведочное бурение осуществлялось в период 1976–2002 гг., эксплуатационное 1983–2002 гг.

В 1982 году Северо-Салымское месторождение введено в эксплуатацию согласно технологической схеме опытно-промышленной эксплуатации первоочередного участка (СибНИИНП).

В результате в 1977 году выявлена залежь в коллекторах пласта БС₆.

В течение 1980 года на площади месторождения пробурены 4 разведочные скважины (№№ 122Р, 127Р, 147Р и 165Р), из которых продуктивными оказались только 2 (№№ 165Р и 127Р). Из скважины № 165Р, пробуренной в сводовой части поднятия, из пластов АС_{11/1} и БС₇₋₈ получены фонтанные притоки нефти с дебитом 122,0 м³/сут. и 101,5 м³/сут. соответственно.

На тематической структуре, выявленной по результатам сейсморазведочных работ и располагающейся в южной части изучаемой площади, планировалось пробурить 4 скважины. Первая Тематическая была пробурена в 1991 году в центре восточного купола в 5 км к югу от скважины № 85Р. По результатам предварительной обработки геологического исследования пласт АС_{11/1} водонасыщен, пласты БС₆ и БС₇₋₈ с неясным характером насыщения. В результате испытания пласта БС₆ получен приток пластовой воды дебитом 14 м³/сут. на 4 мм штуцере. По результатам испытания пласта БС₇₋₈ получен приток пластовой воды дебитом 2,3 м³/сут. при СДУ – 122 м. К востоку от скважины № 1П пробурена скважина № 4Р. По результатам обработки геофизического исследования скважин пласт БС₆ нефтенасыщен. Однако в результате испытания пласта получен приток воды дебитом 36 м³/сут.

Северо-Салымское нефтяное месторождение расположено в зоне сочленения Сургутского и Нижневартовского нефтегазоносных районов, которые являются составной частью Средне-Обской нефтегазоносной области. Эта область является одним из основных как по запасам, так и по добыче нефти в Западной Сибири.

В тектоническом отношении месторождение приурочено к Северо-Салымскому локальному поднятию, расположенному на северном окончании Пойкинского вала, этаж нефтегазоносности которой охватывает глубины преимущественно от 950 до 3100 м. По характеру насыщения выявлены нефтяные залежи.

Геологический разрез Северо-Салымского месторождения вскрыт 763 скважинами. По результатам эксплуатационного и разведочного бурения промышленная нефтеносность установлена в юрских отложениях тюменской свиты (пласт ЮС₁), баженовской свиты (пласт ЮС₀), в меловых отложениях ахской свиты (пласты БС₆ и БС₇₋₈) и черкашинской свиты (пласт АС_{11/1}). На рисунке 2 представлена корреляционная схема пласта АС_{11/1}.

На Госбалансе на 01.01.2016 г. по Северо-Салымскому месторождению числятся запасы УВ по 3 подсчётным объектам: БС₆, БС₇₋₈ и АС_{11/1}. Запасы пластов ЮС₂ и ЮС₀ числятся в нераспределённом фонде.

Всего на месторождении выделено 5 подсчётных объектов, что на 2 больше, чем утверждено в отчёте 1996 года; количество залежей увеличилось на 5 и составило 8.

Увеличение количества объектов и залежей произошло в результате дополнительно проведённых поисково-разведочного и эксплуатационного бурения. Сведения о размерах, глубинах залегания, положении ВНК по выделенным залежам приведены в таблице 1.

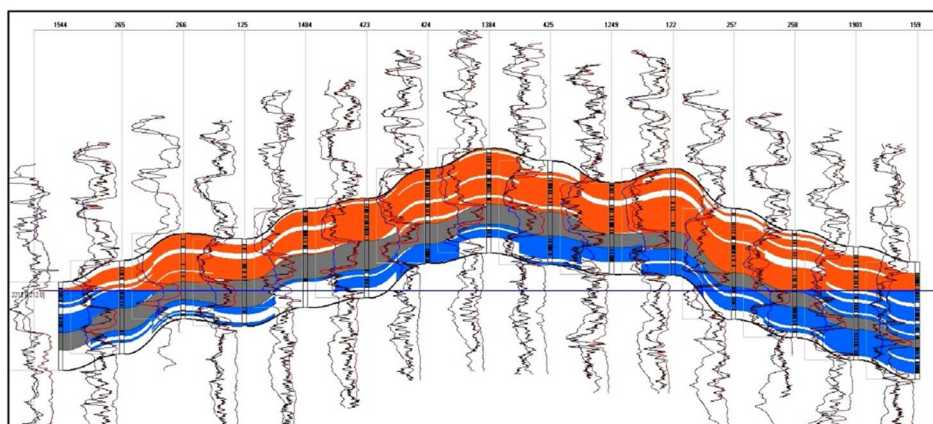


Рисунок 2 – Корреляционная схема пласта АС_{11/1}

Таблица 1 – Общая характеристика залежей

Пласт	Залежь	Абсолютная отметка залегания пласта в своде, м	Отметка ВНК, м	Размеры залежи, кмхкм	Высота залежи, м	Интервал изменения продуктивной толщины, м	Количество скважин, вскрывших залежь	Залежь по типу
АС _{11/1}	Западно-Мильявская	- 2290,0	- 2220	3,9х2,7	12,0	0,8-3,0	1	пластово-сводовая
	Основная	- 2178,1	- 2212	7х8	60,0	0,6-27,8	686	пластово-сводовая
БС ₆	Основная	- 2716,7	- 2396	10х8,3	74,0	1,0-11,4	518	пластово-сводовая
	Промежуточная	- 2718,7	- 2401	3,1х3,5	13,0	4,3-7,0	3	пластово-сводовая
БС ₇₋₈	Основная	- 2735,9	- 2415	8,0х6,8	74,0	1,2-27,0	456	пластово-сводовая
	Промежуточная	- 2725,8	- 2437	4,5х4,4	18,0	5,2-27,7	24	пластово-сводовая

Выделение подсчётных объектов основывалось на комплексе данных, включающих в себя результаты опробования и промыслово-геофизическую характеристику в совокупности с детальной корреляцией продуктивной части разреза.

Состав и свойства нефти, насыщающей продуктивные пласты

Поверхностные пробы нефти отбирались с устья скважин при соответствующих режимах их работы. В стандартных условиях проводилось определение физико-химических свойств дегазированной нефти: вязкости, плотности, молекулярной массы, температуры застывания, фракционного состава и массового содержания серы, силикагелевых смол, асфальтенов, парафинов и воды.

Глубинные пробы отбирались пробоотборниками типа ВПП-300, ПД-3М и программно-управляемыми глубинными пробоотборниками ИМСП-20, СИМСП-20(В)40. Вязкость нефти определялась с помощью капиллярного вискозиметра, плотность нефти определялась с помощью денсиметра. Компонентные составы пластовой и разгазированной нефти, а также составы выделяющихся при разгазировании нефти газов определялись методами газовой и газожидкостной хроматографии в соответствии с ГОСТ и стандартами.

Изучение физико-химических свойств глубинных проб нефти проводилось при однократном и дифференциальном (ступенчатом) способах разгазирования. Определялись основные параметры нефти в условиях пласта: давление насыщения нефти газом, плотность и вязкость газонасыщенной нефти при давлении и температуре пласта, газосодержание, характеристики дегазированной нефти и нефтяного газа и т.д. в соответствии с положениями ОСТ 153-39.2-048-2003 и ОСТ 39-112-80.

Объёмы исследований, проведённые над флюидами пластов АС_{11/1}, БС₆ и БС₇₋₈, отражены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, по месторождению имеется достаточно ограниченный набор глубинных проб по изученным пластам. Пласт ЮС₀ не представлен пробами нефти и свойства приняты по аналогии с пластом ЮС₀ Салымского месторождения. Для дополнения и уточнения параметров пластовых флюидов пластов необходимо предусмотреть отбор и комплексное исследование глубинных и поверхностных проб продукции скважин в соответствии с существующими требованиями и рекомендациями.

Таблица 2 – Сведения об отобранных пробах нефти

Пласт	Анализ физико-химической характеристики пластовой нефти на образцах глубинных проб		Анализ физико-химической характеристики дегазированной нефти на образцах поверхностных проб		Анализ компонентного состава и свойств пластовых вод	
	скважина (кол-во)	проб (кол-во)	скважина (кол-во)	проб (кол-во)	скважина (кол-во)	проб (кол-во)
АС _{11/1}	5	10	8	8	55	79
БС ₆	14	35	7	9	12	21
БС ₇₋₈	10	27	7	7	37	58
Итого	28	72	17	24	102	138

При расчёте средних значений PVT-параметров пластовой нефти проводилась отбраковка некачественных проб. Отбраковка глубинных проб нефти осуществлялась по следующим признакам:

1) отсутствие повторяемости и (или) физической взаимосогласованности среди параллельных проб, отобранных по одному интервалу перфорации (например, с увеличением давления насыщения газосодержание также должно возрастать). Рекомендуемые допустимые расхождения между значениями измеренных параметров нефти представлены в ГОСТ 153-39.2-048-2003;

2) отбраковывали явно разгазированные пробы, по которым давление насыщения и газосодержание нефти были существенно ниже средних значений давления насыщения и газосодержания;

3) отклонение в зависимости параметров глубинных проб нефти данной скважины от основного массива проб других скважин, например, зависимость объёмного коэффициента от давления насыщения и газосодержания.

По характеру насыщения исследуемые пласты относятся к нефтяным пластам.

Классификация дегазированной нефти по плотности и сернистости производилась согласно методическим рекомендациям.

Нефть пласта АС_{11/1} охарактеризована 10 глубинными пробами, отобранными из 5 скважин.

По результатам исследований глубинных проб нефти давление насыщения 6,3 МПа, плотность пластовой нефти равна 847 кг/м³, вязкость нефти составляет 3,2 мПа · с, коэффициент сжимаемости – 0,000087 1/МПа.

По данным однократного разгазирования газосодержание 28,1 м³/т, плотность сепарированной нефти 893,4 кг/м³, объёмный коэффициент 1,080.

По данным ступенчатой сепарации газосодержание 24,2 м³/т, плотность сепарированной нефти 884,3 кг/м³, объёмный коэффициент 1,065.

Свойства поверхностной нефти пласта АС_{11/1} изучены по результатам анализа 8 проб из 8 скважин.

Содержание метана в пластовой нефти 16,73 % мольных. Молярная масса пластовой нефти 203,7 г/моль.

Свойства дегазированной нефти, полученные как средние значения по кондиционным пробам, следующие: плотность при 20 °С 879,6 кг/м³, кинематическая вязкость при 20 °С равна 36,7 мм²/с, содержание (% масс.): серы 1,33, смол силикагелевых 7,1, парафинов 2,4, асфальтенов 3,9. Выход светлых фракций при разгонке до 350 °С – 54,7 % об. Нефть пласта АС_{11/1} сернистая, смолистая, парафинистая, высоковязкая, по плотности – тяжёлая. Шифр товарной классификации и технологической индексации нефти: ИТ2П.

Нефть горизонта БС₆ наиболее исследована. Из 35 исследованных проб, отобранных с 14 скважин, 8 отбракованы.

Нефть в пластовых условиях характеризуется значением давления насыщения 10,8 МПа, Плотность пластовой нефти составляет 764 кг/м³, вязкость пластовой нефти – 1,45 мПа · с.

В предыдущем подсчёте запасов были приняты следующие подсчётные параметры: газосодержание 53 м³/т, плотность сепарированной нефти 844 кг/м³, объёмный коэффициент 1,172. В связи с отсутствием новых кондиционных проб нефти подсчётные параметры приняты без изменения.

Свойства дегазированной нефти пласта БС₆ определены на основании исследований 9 проб из 7 скважин и имеют следующие значения: плотность нефти в стандартных условиях равна 861 кг/м³, кинематическая вязкость при 20 °С – 16,9 мм²/с, содержание (% масс.): серы 0,67, смол силикагелевых 7,7, парафинов 2,76, асфальтенов 3,13. Выход светлых фракций при разгонке до 350 °С составляет 57,2 %. Нефть пласта БС₆ сернистая, смолистая, парафинистая, повышенной вязкости и средней плотности. Шифр товарной классификации и технологической индексации нефти: ИТ1П2.

Нефть горизонта БС₇₋₈ изучена недостаточно. Большая часть проб пластовой нефти по горизонту БС₇₋₈ отбирались и исследовались до 2014 года лабораторией СибНИИ НП. После предыдущего подсчёта запасов было отобрано 5 проб из 3 скважин, анализ представительности показал, что пробы из скважин №№ 3009 и 33014 не кондиционны и отбракованы по причине явного разгазирования. Единственная проба из скважины № 3018 отбракована, так как физически не согласуется с остальными исследованиями.

В пластовых условиях давление насыщения нефти составляет 10,3 МПа, плотность пластовой нефти 756 кг/м³, вязкость пластовой нефти 1,2 мПа · с.

По данным однократного разгазирования газосодержание 86,3 м³/т, плотность сепарированной нефти 849,2 кг/м³, объёмный коэффициент 1,241.

По данным ступенчатого разгазирования газосодержание 71,1 м³/т, плотность сепарированной нефти 838,2 кг/м³, объёмный коэффициент 1,184.

Молярная масса пластовой нефти составляет 130 г/моль. Содержание метана в среднем по пласту 23,9 % мольных.

Свойства поверхностной нефти изучались по результатам 7 исследований нефти из 7 скважин.

Свойства дегазированной нефти, полученные как средние значения по кондиционным пробам, следующие: плотность нефти при 20 °С 860 кг/м³, кинематическая вязкость при 20 °С 14,6 мм²/с, содержание (% масс.): серы 0,85, смол силикагелевых 6,40, парафинов 3,32, асфальтенов 2,31. Выход светлых фракций при разгонке до 350 °С – 59,25 % об. Нефть пласта БС₇₋₈ среднесернистая, смолистая, парафинистая, повышенной вязкости, по плотности тяжёлая. Шифр товарной классификации и технологической индексации нефти: ИТ1П2.

Состав и свойства газа, насыщающего продуктивные пласты

Газ, выделившийся при однократном разгазировании, метанового состава, содержит 69,30 % мольных метана, 9,11 % этана, 7,17 % пропана, 3,05 % изобутана, 3,85 % нормального бутана, 2,52 % углекислого газа и 0,79 % азота. Плотность газа составляет 1,075 кг/м³, молекулярный вес равен 25,61 г/моль.

Газ, выделившийся при ступенчатой сепарации, жирный. Содержание метана в нём 82,4 % мольных, этана 7,7 %, пропана 3,3 %, изобутана 1,03 %, нормального бутана 0,82 % мольных. Плотность газа – 0,844 кг/м³, молекулярный вес равен 20,31 г/моль.

Содержание метана в пластовой нефти 16,73 % мольных. Молярная масса пластовой нефти 203,7 г/моль.

При однократном разгазировании газосодержание изменяется в пределах от 52 до 102 м³/т, плотность сепарированной нефти лежит в диапазоне от 844 до 863 кг/м³, объёмный коэффициент изменяется в пределах от 1,173 до 1,288.

По данным ступенчатого разгазирования газосодержание изменяется в пределах от 43 до 80 м³/т, плотность сепарированной нефти лежит в диапазоне от 838 до 848 кг/м³, объёмный коэффициент изменяется в пределах от 1,126 до 1,219.

Газ однократного разгазирования метанового состава. Содержание метана составляет 58 % мольных, этана 12,3 %, пропана 14,7 %, изобутана 2,4 %, нормального бутана 5,8 %, углекислого газа 1,3 %, азота 0,96 %. Отношение этана к пропану меньше единицы, что характерно для газов нефтяных залежей. Плотность газа 1,19 кг/м³, молярная масса газа равна 28,7 г/моль.

Газ ступенчатой сепарации содержит метана 67,9 % мольных, этана 13,4 %, пропана 11,4 %, изобутана 1,2 %, нормального бутана 2,4 %, углекислого газа 1,5 %, азота 1,12 %. Плотность газа 0,992 кг/м³, молярная масса газа 24,21 г/моль.

Газ однократного разгазирования содержит 56,6 % мольных метана, 12,1 % этана, 15,1 % пропана, 3,0 % изобутана, 6,2 % нормального бутана, 1,05 % углекислого газа, 1,09 % азота. Отношение этана к пропану меньше единицы, что характерно для газов нефтяных залежей. Плотность газа 1,383 кг/м³, молекулярный вес газа – 29,39 г/моль.

Газ ступенчатой сепарации содержит метана 66,86 % мольных, этана 13,3 %, пропана 11,96 %, изобутана 1,5 %, нормального бутана 2,6 %, углекислого газа 1,22 %, азота 1,28 %. Плотность газа 1,008 кг/м³, молекулярный вес газа – 24,25 г/моль.

Состав и свойства пластовой воды

Пластовые воды продуктивных отложений на Северо-Салымском месторождении охарактеризованы по девяти пробам воды из семи скважин.

По составу воды пласта хлоридные натриевые, по типу гидрокарбонатно-натриевые (по В.А. Сулину). Минерализация в среднем составляет 171 г/л, коэффициент сжимаемости – $4,24 \cdot 10^{-4}$ МПа, плотность и вязкость воды 1,121 г/см³ и 0,68 мПа · с соответственно. Среднее содержание ионов составляет (мг-экв./л): хлор – 2970,5; сульфаты – 20,5; гидрокарбонат – 3,9; кальций – 493,3; магний – 120,4; натрий + калий – 2310,2; йод – 37,7 мг/л; бром – 422,1 мг/л.

Основные этапы проектирования разработки месторождения

В настоящее время разработка объекта залежей ведётся на основании проектного документа «Дополнение к технологическому проекту разработки Северо-Салымского нефтяного месторождения» (2016 год).

Основные положения и технологические показатели следующие:

– выделение в пределах залежей трёх самостоятельных объектов эксплуатации. По результатам эксплуатационного и разведочного бурения промышленная нефтеносность установлена в юрских отложениях тюменской свиты (пласт ЮС₂), баженовской свиты (пласт ЮС₀), в меловых отложениях ахской свиты (пласты БС₆ и БС₇₋₈), черкашинской свиты (пласт АС_{11/1});

– залежи разбурены по квадратной сетке 500х500 м;

– Северо-Салымская залежь полностью разбурена и разрабатывается по трёхрядной системе с уплотнением вторых добывающих рядов добывающими скважинами. Организована блочно-замкнутая система ППД с добавлением очагов приконтурного заводнения;

– общий фонд скважин составил 763, в т.ч. добывающих – 593, нагнетательных 166, водозаборных – 4;

– действующий фонд скважин составил 251, в т.ч. добывающих 177, нагнетательных – 74;

– способ эксплуатации – механизированный (ЭЦН и ШСН).

Анализ состояния разработки Северо-Салымского месторождения

Промышленная нефтеносность месторождения установлена в терригенных отложениях черкашинской свиты (пласт АС_{11/1}), а также в терригенных отложениях ахской свиты (пласты БС₆ и БС₇₋₈).

По состоянию на 01.01.2016 г. на государственном балансе по Северо-Салымскому месторождению числятся запасы нефти, утверждённые в 2016 году. В целом по месторождению на государственном балансе числятся геологические / извлекаемые запасы: АВ₁ – 103022 / 36151 тыс. тонн, В₂ – 105 / 42 тыс. тонн; КИН – 0,351 и 0,400 доли ед. соответственно. Основная доля запасов принадлежит объекту АС_{11/1} (49 % геологических и 44 % извлекаемых запасов АВ₁ + В₂).

По состоянию на 01.01.2016 г. на месторождении пробурено 763 скважины, из которых добывающих – 593 (из них 40 совместных), нагнетательных – 166 (из которых совместных 2), водозаборных – 4, поглощающих – 2.

На 01.01.2016 г. на месторождении отобрано 28756 тыс. тонн и 115119,8 тыс. тонн жидкости. За 2015 год годовой отбор нефти составил 380,2 тыс. тонн и 6917,2 тыс. тонн жидкости. Накопленная закачка составляет 138549,7 тыс. м³, годовая –

6039,4 тыс. м³. Текущая обводнённость составила 94,5 %. Текущая компенсация отборов закачкой – 84,1 %, накопленная – 106,9 %.

Основная доля накопленной добычи нефти в общем объёме приходится на объект АС_{11/1} – 11508,9 тыс. тонн или 39,6 %. По остальным объектам добыча нефти составляет: БС₆ – 33,7 %, БС₇₋₈ – 25,7 %.

За 2015 год основная доля добычи приходится на объект БС₇₋₈ – 57,1 %. На остальные объекты приходится: на БС₆ – 5,6 %, на АС_{11/1} – 37,3 %.

Отбор от НИЗ составляет 80 % (ВС₁). Накопленный водонефтяной фактор – 2,9 тонн/тонн.

Текущий КИН составил 0,280 доли ед. (категория АВ₁).

Последним проектным документом планировалось разрабатывать месторождение 744 скважинами, фактически по состоянию на 01.01.2016 г. на месторождении пробурено 763 скважины. Фонд для бурения составляет 4 скважины.

Эксплуатационный проектный фонд по Северо-Салымскому месторождению на 01.01.2016 г. согласно последнего проектного документа составляет 162 добывающих (из них 157 действующих) и 73 нагнетательных (из них под закачкой находятся 62 скважины). Фактический эксплуатационный фонд включает 177 добывающих скважин (168 действующих) и 74 нагнетательных (из которых под закачкой – 68).

Таким образом, фактический действующий фонд добывающих скважин по состоянию на 01.01.2016 г. больше на 4 скважины, что связано с выполнением плана по выводу скважин из бездействия. По нагнетательному фонду также превышение на 4 скважины.

Месторождение разбурено и обустроено (кроме малых залежей). Максимальный уровень добычи нефти в объёме 3100,8 тыс. тонн нефти был достигнут в 1988 году.

В целом по месторождению фактическая добыча нефти за 2015 год составила 380,2 тыс. тонн, из которых 57 % добыто с объекта БС₇₋₈. Превышение проектной добычи в целом по месторождению за 2015 год составляет 79,1 тыс. тонн или 26 %, что вполне укладывается в допустимый диапазон отклонений (при проектной добыче от 0,1 до 1 млн тонн допустимое отклонение составляет ± 27 %).

За период 201–2015 гг. недостижение проектных уровней добычи нефти не наблюдается.

Накопленная добыча нефти по состоянию на 01.01.2016 г. составляет 28756 тыс. тонн, что на 0,4 % выше проектного значения.

Накопленная добыча жидкости составляет 115119,8 тыс. тонн, что на 2,5 % выше проектной величины.

Накопленная закачка на 01.01.2016 г. составила 138550 тыс. м³, что на 0,8 % больше проектного уровня.

Накопленные показатели свидетельствуют о достижении проектных решений на дату анализа.

Сравнение проектных и фактических показателей разработки Северо-Салымского месторождения представлено в рисунке 3 и таблице 3.

Таблица 3 – Сопоставление программы ГТМ с утверждённой предыдущим документом

Количество ГТМ	2013		2014		2015		Итого	
	проект	факт	проект	факт	проект	факт	проект	факт
Зарезка боковых стволов	2	1	3	2	5	3	10	6
Гидравлический разрыв пласта	3	4	–	4	–	3	3	11
Потокоотклоняющие технологии	–	–	–	–	3	3	3	3
Обработка призабойной зоны	4	4	4	5	4	–	12	9
Перевод на вышележащий горизонт	3	3	3	–	2	6	8	9
Итого	14	15	15	18	18	24	48	57

На рисунке 4 представлен график сопоставления программы геолого-технических мероприятий с утверждённым предыдущим проектным документом.

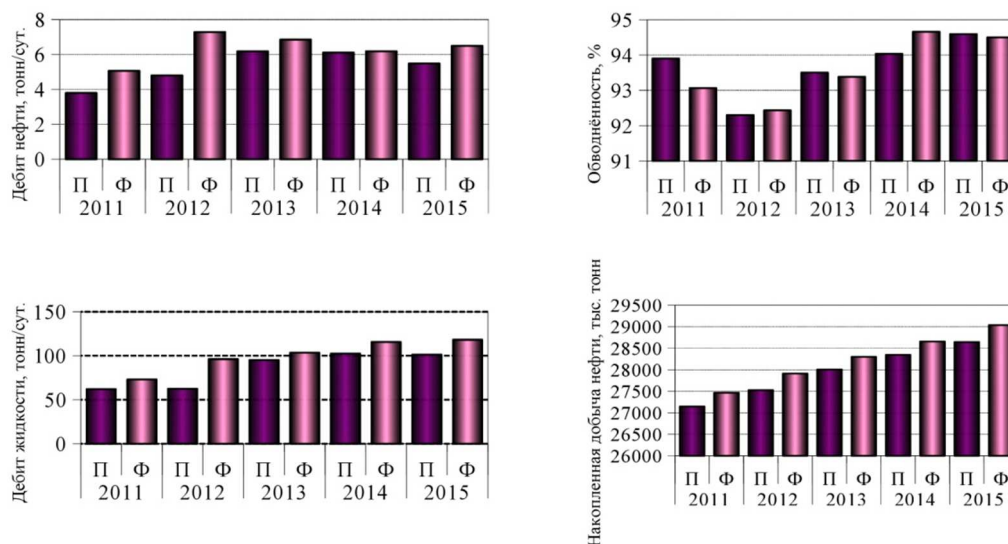


Рисунок 3 – Сравнение проектных и фактических показателей:
П – проектные показатели; Ф – фактические показатели

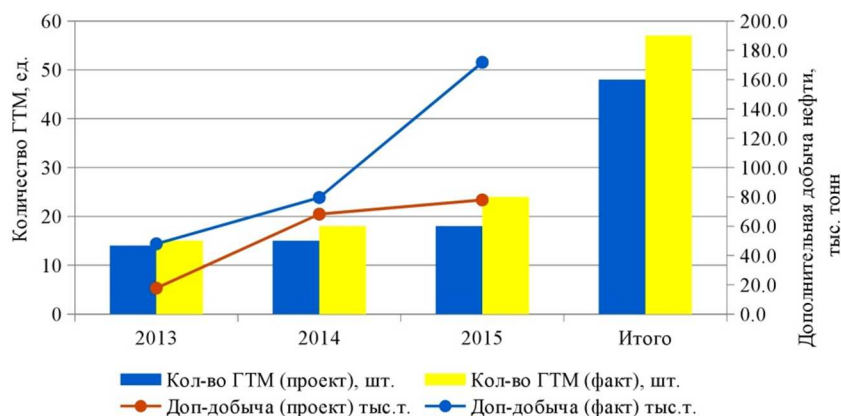


Рисунок 4 – Сопоставление программы ГТМ с предыдущим проектным документом:
Доп-добыча – дополнительная добыча нефти;
Кол-во ГТМ – количество геолого-технических мероприятий

Разработка Северо-Салымского месторождения начата в 1982 году. В промышленной разработке находятся пласты АС_{11/1}, БС₆ и БС₇₋₈. В настоящее время основная часть месторождения полностью разбурена и находится на поздней стадии разработки. В процессе разработки месторождения произошло уточнение контура нефтеносности, были выделены Западно-Милявская (объекты АС_{11/1}) и Промежуточные залежи (объекты БС₆ и БС₇₋₈). С начала разработки по месторождению добыто 28756 тыс. тонн нефти (что составляет 80 % от начальных извлекаемых запасов категории АВ₁), 111532,4 тыс. тонн жидкости, накопленный ВНФ – 2,9 тонн/тонн. Максимальные отборы нефти отмечены в 1988 году (3100,8 тыс. тонн), что напрямую связано с активной разработкой в этот период всех трёх объектов эксплуатации. Всего в добыче перебивало 723 скважины, средний отбор на одну перебивавшую скважину составил 39,1 тыс. тонн/скв. Накопленная закачка составила 138550 тыс. м³ при накопленной компенсации в 106,9 %. Текущий коэффициент нефтеизвлечения – 0,279 доли ед., при проектном 0,349 доли ед. (АВ₁).

За 2015 год добыто 380,2 тыс. тонн нефти и 6917,2 тыс. тонн жидкости. Средний дебит скважин по нефти составил 6,5 тонн/сут., по жидкости – 118,1 тонн/сут., среднегодовая обводнённость продукции скважин – 94,5 %. В 2011 году на месторождении возобновлено бурение. Пробурено 13 скважин на Промежуточной залежи объекта БС₇₋₈. Средняя приёмистость нагнетательных скважин составляет 237 м³/сут. Темп отбора от начальных извлекаемых запасов – 1,1 %.

Основные показатели состояния разработки Северо-Салымского месторождения представлены в таблице 4. Разработка Северо-Салымского месторождения начата в 1982 году десятью скважинами. Среднегодовые дебиты в это время составили 43,3 тонн/сут. при нулевой обводнённости. Годовая добыча нефти в 1982 году составила 30,7 тыс. тонн, затем темпы отбора стали нарастать в связи с интенсивным разбуриванием месторождения.

Таблица 4 – Основные показатели состояния разработки Северо-Салымского месторождения

Основные показатели разработки	Пласты			Месторождение
	АС _{11/1}	БС ₆	БС ₇₋₈	
Год ввода в разработку	1982	1982	1982	1982
Максимальная добыча нефти, тыс. тонн	951,3	1399,6	786	3100,8
Год достижения максимальной добычи	1988	1989	1988	1988
Годовая добыча нефти, тыс. тонн/год	141,8	21,2	217,2	380,2
Доля в общей добыче, %	37,3	5,6	57,1	100
Отбор от НИЗ, %	72,9	89,7	78,9	79,5
Начальные извлекаемые запасы нефти	15767	10912	9472	36151
Доля НИЗ объекта в общем объёме запасов, %	37,3	25,1	22,4	100
Доля ОИЗ объекта в общем объёме запасов, %	57,7	15,3	27,0	100
Темп отбора от ОИЗ АВ ₁ , %	3,3	1,9	10,9	5,1
Текущий КИН АВ ₁ , доли ед.	0,226	0,377	0,286	0,279
Утверждённый КИН АВ ₁ , доли ед.	0,310	0,420	0,363	0,351
Начальные геологические запасы (НГЗ) нефти АВ ₁ + В ₂ , тыс. тонн	50919	25982	26121	103022
Годовая добыча жидкости, тыс. тонн/год	3919,1	538,2	2459,9	6917,2
Накопленная добыча жидкости, тыс. тонн	58269,2	27878,3	28684,0	114831,5
Среднегодовая обводнённость, %	96,4	96,1	91,2	94,5
Текущий водонефтяной фактор, ед.	26,6	24,4	10,3	17,2
Накопленный водонефтяной фактор, ед.	4,1	1,8	2,8	3,0
Фонд добывающих скважин	107	25	43	175
Средний дебит нефти, тонн/сут.	3,9	2,2	14,1	6,5
Средний дебит жидкости, тонн/сут.	107,7	55,6	160	118,1
Годовая закачка воды, тыс. м ³ /год	3634,3	819,7	1585,4	6039,4
Накопленная закачка воды, тыс. м ³	70670,1	35338,7	32540,9	138549,7

Начиная с 1989 года, добыча по месторождению начала резко уменьшаться до относительной стабилизации в 1997 году на уровне 300–400 тыс. тонн. Среднегодовые дебиты в 1997 году составили 7,9 тонн/сут. нефти и 29,7 тонн/сут. по жидкости. В 2002 году произошло некоторое увеличение объёмов добычи (на 25,6 %) по сравнению с 2001 годом, что связано с резким увеличением объёма проводимых ГТМ (в 4,6 раза). Среднегодовые дебиты в 2002 году возросли до 10,4 тонн/сут. нефти и 35,3 тонн/сут. жидкости. В 2006 году увеличение уровня добычи составило 10,2 % по сравнению с предыдущим в результате увеличения количества действующих скважин по всем эксплуатационным объектам. Среднегодовые дебиты на этот год составили 6,3 тонн/сут. нефти и 61,6 тонн/сут. жидкости. Следующее существенное увеличение добычи произошло в 2011 году в результате возобновления бурения на объекте БС₇₋₈. Среднегодовые дебиты при этом составили 5,1 тонн/сут. нефти и 73,0 тонн/сут. жидкости. По состоянию на 01.01.2016 г. среднегодовые дебиты составляют 6,5 тонн/сут. нефти и 118,1 тонн/сут. жидкости. Обводнённость на текущую дату равна 94,5 %. График разработки Северо-Салымского месторождения представлен на рисунке 5.

В геологическом разрезе Северо-Салымского месторождения выделено 5 продуктивных пластов: АС_{11/1}, БС₆, БС₇₋₈, ЮС₀ и ЮС₂. В разработке находятся первые три, анализ выработки проводился именно по ним. Основным по извлекаемым запасам является объект АС_{11/1}, содержащий 37,3 % извлекаемых запасов. Степень выработки запасов объектов достаточно близка. Из объекта АС_{11/1} отобрано 72,9 % начальных извлекаемых запасов (категории ВС₁), из объектов БС₆ и БС₇₋₈ 92,1 % и 78,8 % соответственно.

Обводнённость продукции при этом составляет 96,4 % по объекту АС_{11/1}, 96,1 % по объекту БС₆ и 91,2 % по объекту БС₇₋₈. Годовая добыча нефти месторождения с 2015 года определяется добычей пласта БС₇₋₈, что связано с зарезкой боковых стволов на Промежуточной залежи (рис. 6).

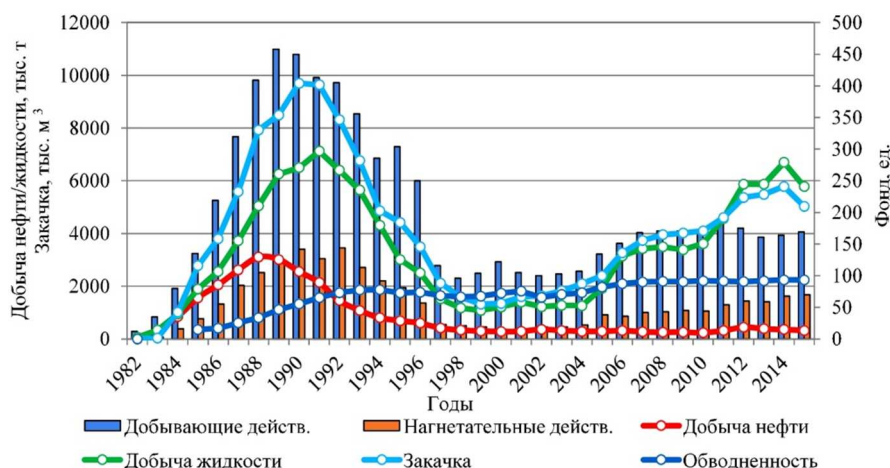


Рисунок 5 – Динамика показателей разработки Северо-Салымского месторождения в целом:
 Добывающие действ. – добывающие действующие скважины;
 Нагнетательные действ. – нагнетательные действующие скважины

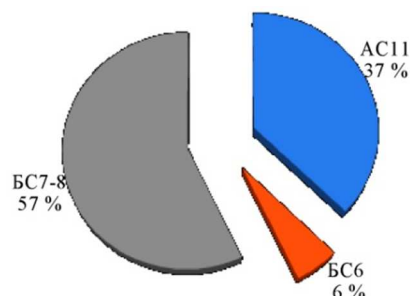


Рисунок 6 – Распределение добычи нефти за 2015 год по пластам

За 2015 год на месторождении добыто 380,2 тыс. тонн нефти, среднегодовая обводнённость продукции составляет 64,5 %, дебит нефти – 6,5 тонн/сут., жидкости – 118,1 тонн/сут. В продуктивные пласты месторождения закачано 135549,7 тыс. м³ рабочего агента. При существующих темпах отбора обеспеченность запасами (кратность) составляет 19 лет.

Оценка степени выработки и текущей структуры запасов нефти по пластам Северо-Салымского месторождения проведена с использованием:

- промысловых данных по динамике отборов и обводнения скважин и замеров пластовых и забойных давлений;
- результатов промысловых геофизических исследований;
- результатов геологического и гидродинамического моделирования.

В процессе анализа рассмотрена динамика обводнения скважин всех промысловых объектов, выявлены доминирующие факторы, определяющие закономерность обводнения добываемой продукции объекта.

Под количеством скважин подразумеваются все скважины, когда-либо эксплуатировавшие пласт. Для более корректного вычисления плотности сетки скважины разрезающих нагнетательных рядов учитывались с коэффициентом участия равным 0,5, таким образом, исключён двойной учёт одной и той же скважины. Удельная накопленная добыча нефти, приходящаяся на одну скважину, рассчитана без учёта скважин разрезающих нагнетательных рядов.

По состоянию на 01.01.2016 г. на месторождении пробурено 763 скважины, в том числе добывающих – 593, нагнетательных – 166, водозаборных – 4. Эксплуатационный фонд составляет 191 добывающую и 72 нагнетательных скважин. Действующий фонд составляет: 177 добывающих (30 % общего фонда добывающих скважин) и 68 нагнетательных (39 % нагнетательного фонда) скважин. Простаивающий фонд в целом составляет 415 добывающих и 106 нагнетательных скважин (в том числе бездействующие). Доля бездействующих скважин по добывающему фонду – 5 % от общего количества скважин, по нагнетательному фонду – 7 %.

Разбуривание объекта проходило в два этапа: 1982–1992 гг. – бурение по квадратной системе с расстоянием 500 м между скважинами. Практически одновременно началось уплотнение сетки скважин дополнительными скважинами. Уплотнение сеток скважин также происходило за счёт переводов скважин с другого объекта.

На рисунке 7 представлена схема расположения скважин I и II этапов ввода, динамика ввода скважин, а также распределение скважин по нефтенасыщенной толщине. Из данного рисунка видно, что характеристики объекта подобны по скважинам первого и второго этапов бурения, скважины второго этапа ввода (уплотняющие и переводные) вскрывают толщины от 7 м, также как и скважины основного этапа бурения.

В таблице 5 представлены характеристики скважин I и II этапов ввода. Основная добыча (63 %) приходится на скважины первого этапа ввода, что объясняется большим количеством скважин. Основные и уплотняющие скважины характеризуются сопоставимыми начальными показателями работы, а также удельным отбором нефти. На основании этого можно сделать вывод, что уплотняющие скважины вскрыли начальные нефтенасыщенные толщины и попали в зоны, не охваченные разработкой скважинами основного этапа бурения. Анализ показателей работы скважин по этапам бурения показывает, что динамика логично объясняется вводом и выбытием скважин. Так, например, по скважинам основного этапа бурения наблюдается естественный рост обводнённости в начальный период, затем резкое понижение объёма воды в добываемой продукции за счёт выбытия высокообводнённых скважин, наряду с этим прослеживается небольшой рост среднего дебита нефти.

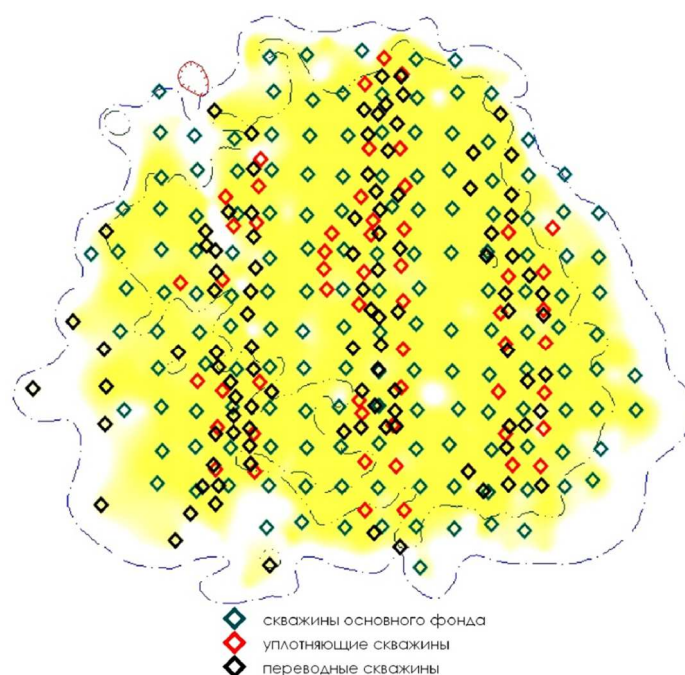


Рисунок 7 – Схема разбуривания объекта АС_{11/1}

Таблица 5 – Краткая характеристика скважин I и II этапов ввода. Объект АС_{11/1}

Система	Кол-во скважин	Начальные параметры работы скважин			Накопленный отбор нефти, тыс. тонн	Удельный накопленный отбор нефти, тыс. тонн/скв.
		дебит нефти, тонн/сут.	дебит жидкости, тонн/сут.	обводнённость, %		
Основные скважины	156	17,8	22,3	20,2	6936,1	44,5
Уплотнительные скважины	55	22,6	29,2	22,6	2971,8	54,0
Переводные скважины	103	12,2	69,5	82,4	1173,3	11,4

По уплотняющим скважинам наблюдается в 1988 году резкое снижение обводнённости и увеличение дебита нефти – за счёт ввода новых более продуктивных и менее обводнённых скважин. Резкий скачок обводнённости и несколько больший дебит скважин уплотняющего бурения по сравнению с остальными объясняется тем, что в данный период работала только одна скважина № 165Р (показатели по которой и приводятся в качестве средних), в 1986 году по которой произошло резкое обводнение до 96 %. С вводом следующих скважин показатели были усреднены и стали сопоставимы с показателями других этапов ввода.

Объект АС_{11/1} введён в разработку в 1982 году. Пласт частично подстилается водой. Разрабатывается с поддержанием пластового давления. Объект является основным по величине запасов – содержит 49,4 % геологических и 37,3 % извлекаемых запасов месторождения, представлен двумя залежами – основной Северо-Салымской и Западно-Милявской. Северо-Салымская залежь полностью разбурена и разрабатывается по трёхрядной системе с уплотнением вторых добывающих рядов добывающими скважинами. Организована блочно-замкнутая система ППД с добавлением очагов приконтурного заводнения. Западно-Милявская залежь полностью подстилается водой, разработка не ведётся.

Накопленная добыча нефти – 11497 тыс. тонн, жидкости – 58269,2 тыс. тонн. Максимальный отбор нефти был достигнут в 1988 году и составил 951,3 тыс. тонн, отбор от НИЗ (АВ1) – 73,7 %. Текущий КИН – 0,229 доли ед. при утверждённом 0,310 доли ед. Накопленный ВНФ – 4,1 тонн/тонн. Закачка в пласт воды для поддержания пластового давления производится с 1983 года. Накопленная закачка составляет 70670,1 млн м³. Накопленная компенсация – 110,2 %.

За 2015 год отбор нефти по объекту составил 141,8 тыс. тонн (37,3 % добычи месторождения), отбор жидкости – 3919,1 тыс. тонн, закачка воды – 3634,3 млн м³. Средние дебиты нефти – 3,9 тонн/сут., жидкости – 107,7 тонн/сут. Обводнённость скважин к концу года достигла 96,4 %. Средняя приёмистость нагнетательных скважин – 263,5 м³/сут.

За 34 года разработки в добыче перебивало 331 скважина. Средний отбор нефти на одну перебивавшую скважину – 34,8 тыс. тонн/скв. По состоянию на 01.01.2016 г. на объекте числятся 299 добывающих (из них действующих – 107 скважин), 68 нагнетательных (из них под закачкой – 37 скважин).

График разработки объекта АС_{11/1} представлен на рисунке 8.

Динамика изменения основных показателей отражает изменение показателей в целом по месторождению. При максимальной добыче в 1988 году наблюдаются повышения отборов в 2002 и 2006 гг. по причинам, описанным для месторождения в целом. По данному объекту также небольшой скачок в добыче наблюдается в 2009 году. Это связано с осуществлением в этом году по данному объекту большого количества ПВЛГ (16 скважинных операций).

Коэффициент использования фонда нефтяных добывающих скважин – 0,94. На рисунке 9 приведено распределение накопленной добычи по перебивавшим скважинам в целом по месторождению.

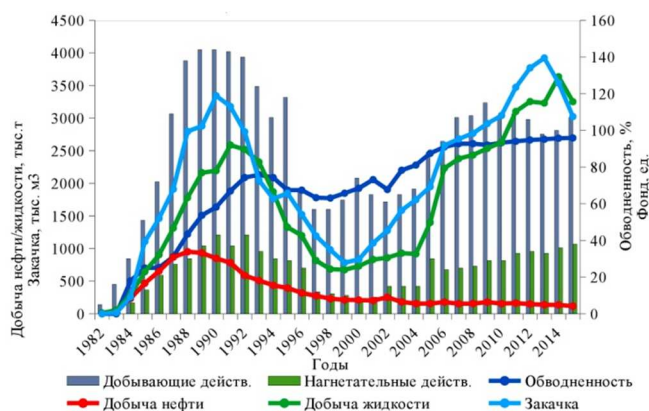


Рисунок 8 – Динамика показателей разработки объекта АС_{11/1}:
 Добывающие действ – добывающие действующие скважины
 Нагнетательные действ – нагнетательные действующие скважины

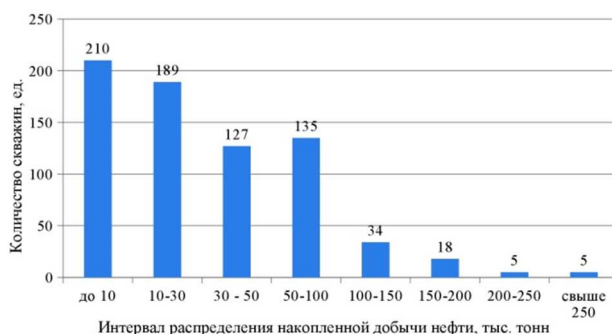


Рисунок 9 – Распределение общего фонда скважин по накопленной добыче нефти

По данному рисунку видно, что основная часть фонда характеризуется низкой эффективностью (56,2 % скважин отобрали до 30 тыс. тонн нефти). От 100 тыс. тонн и выше отобрали только 8,8 % скважин Северо-Салымского месторождения.

По накопленным показателям большая часть скважин действующего фонда приходится на диапазоны в 50–100 тыс. тонн нефти (28,6 % скважин) и 150–200 тыс. тонн жидкости (45,7 % скважин). 19 % скважин отобрали более 100 тыс. тонн нефти. По 52,4 % скважин отбор нефти составил до 50 тыс. тонн нефти.

Распределение действующего фонда нагнетательных скважин рассмотрено по приёмистости и накопленной закачке (рис. 10). По приёмистости нагнетательные скважины в равной мере распределены в диапазонах 200–500 и 200–800 м³/сут. (по 33 %). По накопленной закачке 40 % скважин закачало в пласт воды в объёме 1000–2000 тыс. м³.

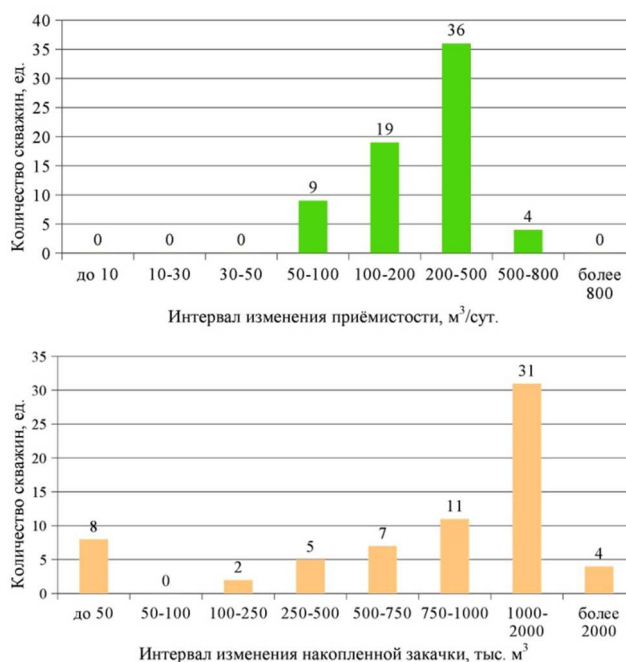


Рисунок 10 – Распределение действующего фонда нагнетательных скважин по основным показателям разработки

Распределение начального пластового давления по объектам разработки и средневзвешенного текущего пластового давления на 01.01.2016 г. приведено в таблице 6. По месторождению в целом текущая компенсация на 01.01.2016 г. составила 84,1 %, накопленная – 106,9 %.

Распределение действующих добывающих скважин по забойному давлению выявило наибольшую группу (35 % скважин) по данному показателю, относящуюся к диапазону 5-8 МПа. По месторождению в целом текущая компенсация на 01.01.2016 г. составила 84,1 %, накопленная – 106,9 %.

Таблица 6 – Распределение пластового давления на 01.01.2016 г.

Объект	Начальное пластовое давление, МПа	Средневзвешенное текущее пластовое давление, МПа	Изменение давления от начального	
			МПа	%
АС _{11/1}	223	230	7	3,1
БС ₆	232	233	1	0,4
БС ₇₋₈	237	235	2	0,8

На рисунке 11 представлен график распределения добывающих скважин в зависимости от давления.

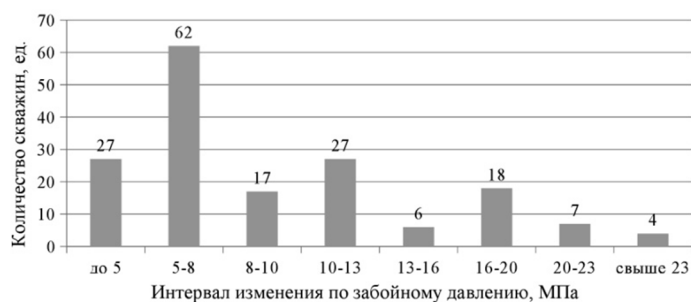


Рисунок 11 – Распределение действующего фонда добывающих скважин по забойному давлению

Проблемы, возникшие при разработке Северо-Салымского месторождения

На Северо-Салымском месторождении нефть сернистая (0,67), смолистая (7,7), парафинистая (2,76), в связи с этим возникают проблемы по извлечению её на поверхность.

Добыча нефти на данном месторождении осложнена выпадением асфальто-смоло-парафинистых отложений в оборудовании и системах сбора и транспортировки. Главной причиной их появления является возрастающая перенасыщенность раствора этими компонентами. В результате изменения температур это приводит к частичной кристаллизации и выпадению твёрдой фазы на стенках скважины и оборудования с последующим осаждением.

Приведённые проблемы требуют разработки новых, более эффективных методов их решения.

Литература

1. Булатов А.И. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление: в 2 т. : учеб.пособие / А.И. Булатов, Г.В. Кусов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2011. – Т. 1–2.
2. Булатов А.И. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 т. : учеб.пособие / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2013–2014. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 т. / А.И. Булатов, О.В. Савенок – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, О.В. Савенок, Р.С. Яремийчук. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
5. Варламов П.С. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
6. Регулярные процессы и оборудование в технологиях сбора, подготовки и переработки нефтяных и природных газов: учебное пособие / Е.П. Запорожец [и др.]. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012. – 620 с.
7. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.

8. Ладенко А.А., Савенок О.В. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
9. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
10. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
11. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
12. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учеб.пособие. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
13. Абдуллаев Р.А., Самойлов В.Р. Геологическое строение и нефтегазоносность баженовской свиты Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на примере Салымского нефтяного месторождения // «GEONATURE 2018»: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции при поддержке международных организаций EAGE, SEG, AAPG (18-21 апреля 2018 года, г. Тюмень). – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 3–6.
14. Арутюнов Т.В., Поздняк А.Н., Савенок О.В. Перспективы разработки сланцевой нефти на примере пласта ЮС0 Салымского месторождения // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2014. – № 1. – С. 203–206.
15. Арутюнов А.А., Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Особенности разработки Салымского нефтяного месторождения (на примере пласта ЮС0) // Фундаментальные и прикладные исследования в России: проблемы и перспективы развития: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (19 января 2015 года, г. Ростов-на-Дону). – Рнд. : ООО «Приоритет», 2015. – С. 40–52.
16. Атанасова А.С. Измерение температурной зависимости вязкости нефти Салымского месторождения // Сборник научных статей «100-летие советского научного наследия: культурные традиции и современная практика». – Тюмень: ООО «Международный институт», 2017. – С. 254-257.
17. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.
18. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений / Д.А. Березовский [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33–50.
19. Голубев В.Е. Оценка эффективности разработки пласта АС₁₁ Западно-Салымского месторождения // Академический журнал Западной Сибири. – 2019. – Т. 15. – № 3 (80). – С. 23–24.
20. Григулецкий В.Г. Опытно-промышленные работы при цементировании обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения // Нефтегазовые технологии. – 2007. – № 11. – С. 2–14.
21. Григулецкий В.Г., Петреску В.И. Повышение эффективности цементирования обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения (часть I) // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2008. – № 1. – С. 40–50.
22. Жингель Ю.М., Леонтьев С.А. Опыт применения инновационных технологий на Салымском месторождении // Интернаука. – 2017. – № 6–1 (10). – С. 60–61.
23. Камкина А.Д. Геолого-геофизическая модель баженовской свиты на примере данных Салымского месторождения // Сборник научных материалов «Четырнадцатая уральская молодёжная научная школа по геофизике» (18–22 марта 2013 года, г. Пермь). – Пермь : Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, 2013. – С. 144–147.
24. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Стационарный приток нефти к одиночной горизонтальной скважине в анизотропном пласте // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10–12.
25. Поварова Л.В., Приходько М.Г., Савенок О.В. Факторы, обуславливающие экологическую опасность нефтедобычи // «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014»: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодёжи (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. – С. 28–32.
26. Савенок О.В. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения / О.В. Савенок, Л.Г. Кусова // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2018. – № 03 (6). – С. 97–120.
27. Соловьёва В.Н., Колбунов М.Г., Савенок О.В. Метод разработки нефтяных месторождений с взаимодействующими объектами // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2012. – № 2 (февраль). – С. 62–69.
28. Трофимчук А.С., Абызбаев И.И. Оптимизация системы разработки Промежуточной залежи Северо-Салымского месторождения, пласта БС₇₋₈ // Сборник научных трудов «Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения». – Уфа : Издательство научно-технической литературы «Монография», 2013. – С. 312–317.

29. Хамадиева А.Ф. Энергетическое состояние Салымского (Лемпинская площадь) месторождения по объекту АС₁₀ // Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (24 ноября 2017 года, г. Омск). – Уфа: ООО «Агентство международных исследований», 2017. – С. 190–192.
30. Яковлева Т.Ю. Особенности гидрогеологического поля мезозойских отложений Салымского нефтяного месторождения // Академический журнал Западной Сибири. – 2012. – № 4. – С. 21.

References

1. Bulatov A.I. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydrate formation: prevention and removal: in 2 volumes: textbook / A.I. Bulatov, G.V. Kusov, O.V. Savenok. – Krasnodar : LLC «Publishing House – South», 2011. – Vol. 1–2.
2. Bulatov A.I. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells»: in 4 volumes: textbook / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : LLC «Publishing House – South», 2013–2014. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes / A.I. Bulatov, O.V. Savenok – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2012–2015. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremiychuk. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
5. Varlamov P.S. Formation testing equipment for hydrodynamic studies of reservoirs of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Polygraph Plant, 2004. – 620 p.
6. Regular processes and equipment in the technologies for collecting, preparing and processing oil and natural gases: a tutorial / E.P. Zaporozhets [et al.]. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012. – 620 p.
7. Ladenko A.A. Theoretical foundations for the development of oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2020. – 244 p.
8. Ladenko A.A., Savenok O.V. Geophysical surveys of wells in oil and gas fields. – M. : Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
9. Savenok O.V. Oil and gas engineering during well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremiychuk. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
10. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar: Ed. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
11. Savenok O.V. Ecological aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
12. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: textbook. – Ukhta : Ukhta State Technical University Publishing House, 2021.
13. Abdullaev R.A., Samoilov V.R. Geological structure and oil and gas content of the Bazhenov formation of the West Siberian oil and gas province on the example of the Salym oil field // «GEONATURE 2018»: a collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference with the support of international organizations EAGE, SEG, AAPG (April 18–21, 2018, Moscow). – Tyumen : Tyumen Industrial University, 2018. – P. 3–6.
14. Arutyunov T.V., Pozdnyak A.N., Savenok O.V. Prospects for the development of shale oil on the example of the YUS0 reservoir of the Salymskoye field // Problems of development of deposits of hydrocarbon and ore minerals. – 2014. – № 1. – P. 203–206.
15. Arutyunov A.A., Arutyunov T.V., Savenok O.V. Features of the development of the Salym oil field (on the example of the YUS0 formation) // Fundamental and applied research in Russia: problems and development prospects: materials of the II All-Russian scientific and practical conference (January 19, 2015, Rostov-on-Don). – RnD. : LLC «Prioritet», 2015. – P. 40–52.
16. Atanasova A.S. Measurement of the temperature dependence of the viscosity of oil from the Salym field // Collection of scientific articles «100th anniversary of the Soviet scientific heritage: cultural traditions and modern practice». – Tyumen : LLC «International Institute», 2017. – P. 254–257.
17. Berezovsky D.A., Lavrentiev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling from the point of view of establishing the conditions for the onset of factors complicating mining // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2014. – № 2. – P. 27–33.
18. Technologies and principles of development of multilayer deposits / D.A. Berezovsky [et al.] // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
19. Golubev V.E. Evaluation of the development efficiency of the AC₁₁ formation of the Zapadno-Salymskoye field // Academic journal of Western Siberia. – 2019. – Vol. 15. – № 3 (80). – P. 23–24.
20. Griguletsky V.G. Pilot work in cementing casing strings of gas wells of the Pestsovaya area of the Urengoy field // Oil and gas technologies. – 2007. – № 11. – P. 2–14.
21. Griguletsky V.G., Petrescu V.I. Improving the efficiency of cementing casing strings of gas wells in the Pestsovaya area of the Urengoy field (part I) // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2008. – № 1. – P. 40–50.

22. Zhingel Yu.M., Leontiev S.A. Experience in the application of innovative technologies at the Salym field // Internauka. – 2017. – № 6–1 (10). – P. 60–61.
23. Kamkina A.D. Geological and geophysical model of the Bazhenov formation on the example of data from the Salym field // Collection of scientific materials «Fourteenth Ural Youth Scientific School in Geophysics» (March 18–22, 2013, Perm). – Perm : Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2013. – P. 144–147.
24. Nikitin B.A., Griguletsky V.G. Stationary oil inflow to a single horizontal well in an anisotropic reservoir // Neftyanoe khozyaystvo. – 1992. – № 10. – P. 10–12.
25. Povarova L.V., Prikhodko M.G., Savenok O.V. Factors causing the environmental hazard of oil production // «Ecological problems of oil production – 2014»: a collection of proceedings of the IV International scientific and practical conference with elements of a scientific school for youth (October 21–23, 2014, Ufa). – Ufa : Ufa State Petroleum Technical University, 2014. – P. 28–32.
26. Savenok O.V. Oil recovery of the reservoir and ways to increase it / O.V. Savenok, L.G. Kusova // Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming. – 2018. – № 03 (6). – P. 97–120.
27. Solovieva V.N., Kolbunov M.G., Savenok O.V. Method of development of oil fields with interacting objects // Territoriya NEFTEGAZ. – 2012. – № 2 (February). – P. 62–69.
28. Trofimchuk A.S., Abyzbaev I.I. Optimization of the development system of the Intermediate deposit of the Severo-Salymskoye field, reservoir BS7-8 // Collection of scientific papers «Oil and gas technologies and new materials. Problems and Solutions». – Ufa: Publishing house of scientific and technical literature «Monograph», 2013. – P. 312–317.
29. Khamadieva A.F. Energy state of the Salymskoye (Lempinskaya area) field for the AC₁₀ facility // Problems, prospects and directions of innovative development of science: a collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference (November 24, 2017, Omsk). – Ufa : LLC «Agency for International Studies», 2017. – P. 190–192.
30. Yakovleva T.Yu. Features of the hydrogeological field of the Mesozoic deposits of the Salym oil field // Academic journal of Western Siberia. – 2012. – № 4. – P. 21.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИЙ
НА ВОДООТДЕЛЯЮЩУЮ КОЛОННУ ПРОБУРЕННЫХ
С ПОЛУПОГРУЖНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВКАХ**



**INVESTIGATION OF STRESS ACTING
ON THE RISER OF SEMI-SUBMERSIBLE DRILLING RIGS**

Ибрагимов Рафик Салман оглы

к.т.н., доцент,
кафедра «Нефтегазовая инженерия»
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности

Бахшалиева Ширин Октай кызы

доктор философии,
кафедра «Нефтегазовая инженерия»
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
bahshaliyeva@mail.ru

Ибрагимов Заур Рафик оглы

магистр,
кафедра «Нефтегазовая инженерия»
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности

Аннотация. Статье указано, что водоотделяющая колонна (райзер) не может быть рассмотрена как балка, которая, как известно, работает, в основном, на изгиб. Вследствие большого соотношения длины к высоте райзера при ощутимой поперечной нагрузке кривизна оси райзера становится сравнимой с его гибкостью. Вследствие отмеченных особенностей к расчету райзера нельзя применить обычные формулы сопротивления материалов, основанные на гипотезе плоских сечений и отсутствии нормальных напряжений в площадях, параллельных оси балки. Предложен, что для расчета райзера можно использовать теорию Кармана-Киргофа, основанную на более точных и общих допущениях.

Ключевые слова: водоотделяющая колонна, деформация, нагрузка, уравнение, прогиб стержня, коэффициент.

Ibrahimov Rafik Salman

Dosent,
«Oil and Qaz Engineering» Department,
Azerbaijan State Oil and
Industrial University

Bakhshaliyeva Shirin Oktay

PhD,
«Oil and Qaz Engineering» Department,
Azerbaijan State Oil and
Industrial University
bahshaliyeva@mail.ru

Ibragimov Zaur Rafik

Magistr,
«Oil and Qaz Engineering» Department,
Azerbaijan State Oil and
Industrial University

Annotation. The article states that the riser cannot be considered as a beam, which, as you know, works mainly in bending. Due to the high ratio of the length to the height of the riser with a noticeable lateral load, the curvature of the riser axis becomes comparable to its flexibility. Due to the noted features, it is impossible to apply the usual formulas for the strength of materials based on the hypothesis of flat sections and the absence of normal stresses in areas parallel to the beam axis to the calculation of the riser. It is proposed that the Karman-Kirgoff theory, based on more precise and general assumptions, can be used to calculate the riser.

Keywords: riser, deformation, load, equation, rod deflection, coefficient

Введение. Водоотделяющая колонна (райзер) не может быть рассмотрена как балка, которая, как известно, работает, в основном, на изгиб. Вследствие большого соотношения длины к высоте райзера при ощутимой поперечной нагрузке кривизна оси райзера становится сравнимой с его гибкостью d / l^2 , где d – диаметр стержня, а l – его пролет. Это ведет помимо появления изгибающих напряжений к появлению значительных растягивающих сил [1, 2, 3].

Постановка работы. Вследствие отмеченных особенностей к расчету райзера нельзя применить обычные формулы сопротивления материалов, основанные на гипотезе плоских сечений и отсутствии нормальных напряжений в площадях, параллельных оси балки. Для расчета такого райзера необходимо применить более точные методы, учитывающие вышеуказанную ограниченность формул сопротивление материалов.

Результаты и обсуждение. Для расчета райзера можно использовать теорию Кармана-Киргофа, основанную на более точных и общих допущениях.

1. Райзер имеет столь малые поперечные размеры, что совокупность точек, лежащих на одной прямой перпендикулярной к срединной плоскости райзера до деформации, остается нормальной к срединной плоскости после деформации [4].

2. Нормальными напряжениями в плоскостях параллельных срединной поверхности по сравнению с другими напряжениями можно пренебречь:

Основываясь на указанных допущениях, в фундаменте которых лежит так называемая гипотеза прямых нормалей, и на некоторых менее значительных упрощениях, Карманом было выведено общее уравнение деформации в применении к пластинам и балкам-полоскам. Можно положить в этих уравнениях члены, зависящие от одной из координат, равным нулю, т.е. считать, что деформация в поперечном направлении райзера отсутствует. Это является следствием весьма малых поперечных размеров райзера по сравнению с его длиной и практически ничтожных деформация, и следовательно, напряжениях, возникающих в поперечном направлении райзера.

В этом случае система уравнений Кармана запишется в следующем виде:

$$\begin{cases} EJ \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} = q(x) + T \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \\ \frac{\partial U}{\partial x} = \frac{T}{EF} - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 \end{cases} \quad (1) \text{ и } (2)$$

Здесь приняты следующие обозначения:

J – момент инерции поперечного сечения стержня;

E – модуль упругости материала стержня;

q(x) – поперечная внешняя нагрузка на стержень;

T – продольная растягивающая сила в стержне;

ω – прогиб стержня;

F – площадь поперечного сечения стержня;

x – абсцисса поперечного сечения стержня;

U – перемещение точек срединного слоя стержня.

Граничные условия задачи для случая свободно опертого на неподвижные опоры стержня следующие:

При $x = 0$ и $x = l$

$$\omega = 0, M_{x=0} = M_{x=l} = -EJ \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = 0, U = 0$$

Интегрирование системы дифференциальных уравнений (1) и (2) представляет определенное затруднение вследствие наличия нелинейных членов. Решение этих уравнений можно получить при использовании лишь различных приближенных способов. Применим для этой цели метод решения в рядах, т.е. ищем решение не в замкнутом виде, а в форме тригонометрического ряда.

$$\omega = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \sin \frac{k\pi x}{l}$$

где a_k – неизвестные постоянные ряда.

Все члены этого ряда удовлетворяют граничным условиям.

Разложим нагрузку q(x) также в тригонометрические ряды. В ранее приведенном исследовании нами принята нагрузка, соответствующая схеме рисунка 1.

Имеется треугольная нагрузка от колебания $q_1(x) = q_1^0 \frac{x}{l}$, идущая вдоль всего стержня; треугольная нагрузка от волнения $q_2(x) = II_c \frac{x-c}{1-c} q_2^0$, идущая на ограниченном верхнем участке стержня; равномерно распределенная нагрузка от течения $q_4(x) = q_4^0$.

Удерживая в рядах лишь члены соответствующие нечетным значениям индекса к запишем функции q(x) в виде рядов:

$$q_1 = \sum_k^{1,3,5} a_{1k} \sin \frac{k\pi x}{l};$$

$$q_2 = \sum_k^{1,3,5} a_{2k} \sin \frac{k\pi x}{l};$$

$$q_4 = \sum_k^{1,3,5} a_{3k} \sin \frac{k\pi x}{l}.$$

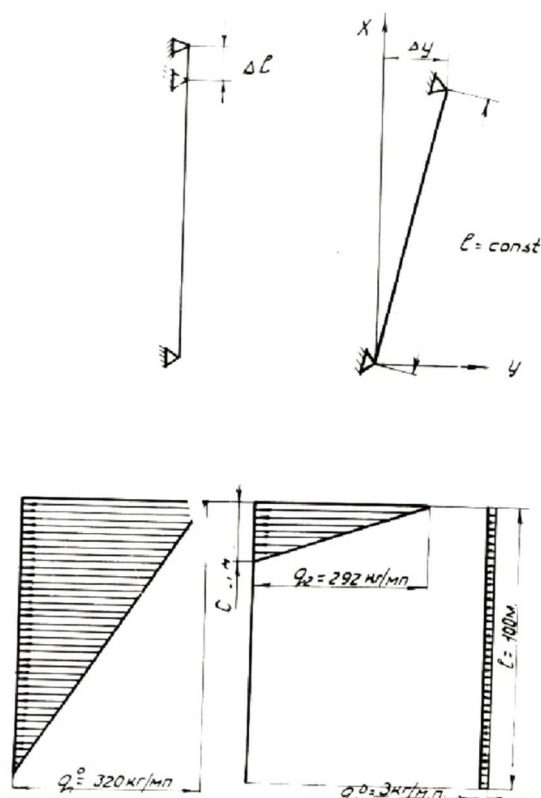


Рисунок 1

Коэффициенты ряда a_{ik} определены путем интегрирования соответствующих функций для внешней нагрузки $q(x)$ (коэффициенты Фурье) по известному выражению:

$$a_{ik} = \frac{2}{l} \int_0^l q(x) \sin \frac{k\pi x}{l} dx.$$

После выполнения интегрирования получим:

$$a_{1k} = \frac{4}{k\pi} q_1^0; \quad a_{4k} = \frac{4}{k\pi} q_4^0;$$

$$a_{2k} = \frac{2q_2^0}{(1-c)k\pi} \left(1 - c - \frac{1}{k\pi} \sin \frac{k\pi c}{l} \right).$$

Если подставить значение ω в форме ряда в уравнение (1) получим:

$$\frac{dU}{dx} = \frac{T}{EF} - \frac{\pi^2}{2l^2} \sum_k^{1,3,5} k^2 a_k^2 \cos \frac{k\pi x}{l}. \quad (3)$$

Проинтегрировав это уравнение (3), получим:

$$U = \frac{T}{EF} x - \frac{\pi^2}{2l^2} \sum_k^{1,3,5} k^2 a_k^2 \left(\frac{x}{2} + \frac{1}{4k\pi} \sin \frac{2k\pi x}{l} \right)$$

Используя граничное условие $x = l, u = 0$.

$$0 = \frac{T}{EF} l - \frac{\pi^2 l}{4l^2} \sum_k^{1,3,5} k^2 a_k^2$$

Откуда можно получить значение T

$$T = \frac{\pi^2 EF}{4l^2} \sum_k^{1,3,5} k^2 a_k^2$$

Если теперь в уравнение (1) подставить значения ω и $q(x)$ в рядах, а также полученное значение для T , то уравнение (1) получим:

$$\sum_k^{1,3,5} \left[D \left(\frac{k\pi}{l} \right)^4 a_k + \frac{EF}{4} a_k^3 \left(\frac{k\pi}{l} \right)^4 \right] \sin \frac{k\pi x}{l} =$$

$$= \sum_k^{1,3,5} \left[\frac{4}{k\pi} q_1^0 + \frac{2q_2^0}{(1-c)k\pi} \left(1 - c - \sin \frac{k\pi c}{l} \cdot \frac{1}{k\pi} \right) + \frac{4}{k\pi} q_4^0 \right] \sin \frac{k\pi x}{l}.$$

Что может иметь место при всяком X лишь в случае, если при всяком K будет:

$$D\left(\frac{k\pi}{l}\right)^4 a_k + \frac{EF}{4} \left(\frac{k\pi}{l}\right)^4 a_k^3 = \frac{4}{k\pi} q_1^0 + \frac{2q_2^0}{(1-c)k\pi} \left(1 - c - \sin \frac{k\pi c}{l} \cdot \frac{1}{k\pi}\right) + \frac{4}{k\pi} q_4^0. \quad (4)$$

Путем решения этого кубического уравнения относительно неизвестной постоянной a_k можно ее определить для любого значения k . После определения постоянных a_k по формуле (4) можно определить величину растягивающей силы T с любой степенью точности.

Если подставить в выражение для изгибающего момента $M = -EJ \frac{\partial^2 \omega}{dx^2}$ выражение для ω в форме ряда, то получим:

$$M = \sum_k^{1,3,5} EJ \left(\frac{k\pi}{l}\right)^2 a_k \sin \frac{k\pi x}{l}$$

Изгибающий момент можно также вычислить по известным a_k с любой степенью точности.

Практические вычисления показывают, что ряд быстро сходится, и для получения достаточно высокой степени точности достаточно трех членов ряда, а для приближенных расчетов и одного члена разложения.

Приведем другое приближенное решение. Выражение для ω имеем в форме синусоиды в замкнутом виде

$$\omega = f \sin \frac{\pi x}{l},$$

где f – коэффициент, который необходимо отыскать.

Подставляя выбранное нами выражение упругой линии в уравнение (2) получим:

$$\frac{dU}{dx} = \frac{T}{EF} - \frac{1}{2} \frac{\pi^2}{l^2} f^3 \cos^2 \frac{\pi x}{l}$$

По аналогии с предыдущим проинтегрируем это уравнение для определения U :

$$U = \frac{T_k}{EF} x - \frac{1}{2} \frac{\pi^2}{l^2} f^2 \left(\frac{x}{2} + \frac{1}{4\pi} \sin \frac{2\pi x}{l} \right)$$

Используя граничное условие задачи при $x = l$ и $u = 0$, получим:

$$T = \frac{\pi^2 f^2 EF}{4l^2}$$

Подставив полученное значение T , принятое ранее значение ω и q в общее уравнение изгиба (1), получим:

$$\left[EJ \left(\frac{\pi}{l}\right)^4 f + \frac{EF}{4} \left(\frac{\pi}{l}\right)^4 f^3 \right] \sin \frac{\pi x}{l} = q(x). \quad (5)$$

Из этого уравнения видно, что при принятом выражении ω нагрузка $q(x)$ распределена вдоль стержня по синусоидальному закону при любом значении f . Действительный же характер нагрузки вдоль стержня выражается зависимостью, далекой от синусоиды:

$$q(x) = \frac{x}{l} q_1^0 + \parallel_c \frac{x-c}{l-c} q_2^0 + q_4^0$$

В связи с этим, если полагать $q(x)$ изменяющимся по действительному закону, то невозможно точно удовлетворить уравнению (5) при выбранном выражении для прогибов ω . Однако в этом случае можно воспользоваться принципом равенства работ при перемещении внешних сил на деформации (прогибе). Можно подобрать величину f в формулу (5) таким образом, чтобы заданная нагрузка и теоретическая, соответствующая прогибу ω , производили на перемещении одинаковую работу. Для этого необходимо приравнять работу нагрузки, соответствующей левой части равенства (5) с работой нагрузки соответствующей действительному ее характеру на одинаковом перемещении, определяемом равенством:

$$\omega = f \sin \frac{\pi x}{l}.$$

Для чего необходимо проинтегрировать эту работу вдоль всего стержня и приравнять интегралы:

$$\int_0^1 \left[EJ \left(\frac{\pi}{l} \right)^4 + \frac{EF}{4} \left(\frac{\pi}{l} \right)^4 f^3 \right] f \sin^2 \frac{\pi x}{l} = \int_0^1 \left(q_1^0 + \mu_c \frac{x-c}{l-c} q_2^0 + q_4^0 \right) f \sin \frac{\pi x}{l}.$$

Выполняя интегрирование, получим:

$$\frac{EF\pi^4}{4l^2} f^3 + \frac{EF\pi^4}{l^4} f = \frac{4q_1^0}{\pi} + \frac{2q_2^0}{(l-c)\pi} \left(l - c - \frac{1}{\pi} \sin \frac{\pi c}{l} \right) + \frac{4}{\pi} q_4^0. \quad (6)$$

Решая это уравнение относительно f , получим значение этой неизвестной. Следует заметить, что последнее уравнение (6) имеет всегда вещественный положительный корень.

Выводы. Для вычисления напряжений можно воспользоваться следующими выражениями, полученными на основании предыдущих формул.

Изгибающие напряжения в стержне

$$\sigma_{из} = ERf \frac{\pi^2}{l^2} \sin \frac{\pi x}{l}.$$

Цепные напряжения в стержне

$$\sigma_{цеп} = \frac{\pi^2 f^2 E}{4l^2},$$

где R – радиус поперечного сечения стержня.

Результат, полученный для случая решения в замкнутом виде, не отличается от первого приближения при решении в рядах.

Литература

1. Impact of Wind / Wave Misalignment in the Loads Analysis of a Floating Wind Turbine (poster) / L. Barj [et al.] // WINDPOWER. – Chicago, IL, May 5–8. – 2013.
2. Wind / Wave Misalignment in the Loads Analysis of a Floating Offshore Wind Turbine / L. Barj [et al.] // In the Proceedings of AIAA SciTech 2014 National Harbor, Maryland January 13–17. – 2014.
3. WindWave Misalignment Effects on Floating Wind Turbines: Motions and Tower Load Effects / E. Bachynski [et al.] // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – 2014. – Vol. 136 / 041902-1.
4. Fully Coupled Three-Dimensional Dynamic Response of a Tension-Leg Platform Floating Wind Turbine in Waves and Wind / G.K.V. Ramachandran [et al.] // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – 2014. – Vol. 136 / 020901-1.
5. Model Experiment of a SPAR Type Offshore Wind Turbine in Storm Condition / K. Kokubun [et al.] // Ocean Space Utilization; Ocean Renewable Energy. – 2012/ – Vol. 7. – P. 569. – DOI :10.1115/OMAE2012-83993, ASME
6. Dynamic Analysis of a Floating Offshore Wind Turbine Under Extreme Environmental Conditions / T. Utsunomiya [et al.] // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – 2014. – Vol. 136 / 020904-1.
7. Jonkman B., Jonkman J. FAST v8.16.00a-bjj // NREL. – 2016.
8. Offshore Code Comparison Collaboration Within IEA Wind Task 23: Phase IV Results Regarding Floating Wind Turbine Modeling / J. Jonkman [et al.] // Proceedings of the European Wind Energy Conference EWEC2010. – Warsaw, Poland. – 2010.
9. Hall M. MoorDyn Users's Guide. – Orono, ME : Dept. of Mech. Eng. Maine's Univ. – 2010.
10. Verification and Validation of Multisegmented Mooring Capabilities in FAST v8 / M.T. Andersen [et al.] // Proc. Int Ocean and Polar Eng. Conf., Rhodes. – 2016. – P. 371.

References

1. Impact of Wind / Wave Misalignment in the Loads Analysis of a Floating Wind Turbine (poster) / L. Barj [et al.] // WINDPOWER. – Chicago, IL, May 5–8. – 2013.
2. Wind / Wave Misalignment in the Loads Analysis of a Floating Offshore Wind Turbine / L. Barj [et al.] // In the Proceedings of AIAA SciTech 2014 National Harbor, Maryland January 13–17. – 2014.

3. WindWave Misalignment Effects on Floating Wind Turbines: Motions and Tower Load Effects / E. Bachynski [et al.] // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – 2014. – Vol. 136 / 041902-1.
4. Fully Coupled Three-Dimensional Dynamic Response of a Tension-Leg Platform Floating Wind Turbine in Waves and Wind / G.K.V. Ramachandran [et al.] // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – 2014. – Vol. 136 / 020901-1.
5. Model Experiment of a SPAR Type Offshore Wind Turbine in Storm Condition / K. Kokubun [et al.] // Ocean Space Utilization; Ocean Renewable Energy. – 2012/ – Vol. 7. – P. 569. – DOI :10.1115/OMAE2012-83993, ASME
6. Dynamic Analysis of a Floating Offshore Wind Turbine Under Extreme Environmental Conditions / T. Utsunomiya [et al.] // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – 2014. – Vol. 136 / 020904-1.
7. Jonkman B., Jonkman J. FAST v8.16.00a-bjj // NREL. – 2016.
8. Offshore Code Comparison Collaboration Within IEA Wind Task 23: Phase IV Results Regarding Floating Wind Turbine Modeling / J. Jonkman [et al.] // Proceedings of the European Wind Energy Conference EWEC2010. – Warsaw, Poland. – 2010.
9. Hall M. MoorDyn Users's Guide. – Orono, ME : Dept. of Mech. Eng. Maine's Univ. – 2010.
10. Verification and Validation of Multisegmented Mooring Capabilities in FAST v8 / M.T. Andersen [et al.] // Proc. Int Ocean and Polar Eng. Conf., Rhodes. – 2016. – P. 371.

УДК 622.276.72

АНАЛИЗ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ СКВАЖИН ХАСЫРЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



ANALYSIS OF DEPARAFFINIZATION OF WELLS OF THE KHASYSREYSKOYE OIL FIELD

Ильясов Вадим Хабибович

студент направления подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Ухтинский государственный технический университет»
pt22_ilyasvh@list.ru

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. Процесс добычи нефти при разработке месторождений в большинстве случаев происходит в осложнённых условиях, воздействие которых существенно ухудшает основные технико-экономические показатели. Значительная часть возникающих осложнений связана с наличием асфальто-смоло-парафиновых веществ, которые при определённых условиях, выделяясь, отлагаются на поверхности скважинного оборудования, системах сбора и транспорта нефти. Применяющиеся в настоящий момент при эксплуатации скважин методы борьбы не позволяют полностью исключить негативное влияние АСПО. В связи с этим является актуальным вопрос поиска эффективных, технологичных, экономически обоснованных методов и технологий предотвращения и удаления АСПО. Основным осложняющим фактором при эксплуатации скважин Хасырейского месторождения являются отложения асфальто-смоло-парафиновых веществ на поверхности оборудования, которые приводят к снижению межремонтного периода работы, эффективности эксплуатации добывающего фонда скважин. В статье рассмотрены механизм и условия формирования АСПО, существующие способы борьбы с отложениями, результаты опытно-промышленных испытаний оборудования для предупреждения АСПО на скважинах Хасырейского месторождения, оценена экономическая эффективность испытанных методов, даны рекомендации по совершенствованию применяемых технологий.

Ключевые слова: анализ механизма и условий образования АСПО при эксплуатации скважин Хасырейского месторождения; текущее состояние борьбы с АСПО при эксплуатации скважин Хасырейского месторождения; анализ эффективности депарафинизации с помощью оборудования для глубокого дозирования ингибиторов АСПО; анализ эффективности депарафинизации с помощью НКТ с внутренним силикатно-эмалевым покрытием; анализ эффективности депарафинизации с помощью термоизолированных труб.

Ilyasov Vadim Khabibovich

Student Training Direction
21.04.01 «Oil and Gas Engineering»
Ukhta State Technical University
pt22_ilyasvh@list.ru

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of Development and Operation of Oil
and Gas Fields and Underground
Hydromechanics,
Ukhta State Technical University
olgasavenok@mail.ru

Annotation. The process of oil production during field development in most cases occurs in difficult conditions, the impact of which significantly worsens the main technical and economic indicators. A significant part of the complications that arise are associated with the presence of asphalt-resin-paraffin substances, which, under certain conditions, being released, are deposited on the surface of downhole equipment, oil collection and transportation systems. The control methods used at the moment during the operation of wells do not completely eliminate the negative impact of asphalt-resin-paraffin deposits. In this regard, the issue of finding effective, technologically advanced, economically sound methods and technologies for preventing and removing asphalt-resin-paraffin deposits is urgent. The main complicating factor in the operation of the wells of the Khasyreyskoye field is the deposits of asphalt-resin-paraffin substances on the surface of the equipment, which lead to a decrease in the overhaul period and the efficiency of operating the producing well stock. The article discusses the mechanism and conditions for the formation of asphalt-resin-paraffin deposits, existing methods of combating sediments, the results of pilot tests of equipment for preventing asphalt-resin-paraffin deposits at the wells of the Khasyreyskoye field, the economic efficiency of the tested methods is assessed, and recommendations for improving the applied technologies are given.

Keywords: analysis of the mechanism and conditions for the formation of asphalt-resin-paraffin deposits during the operation of the wells of the Khasyreyskoye field; current state of the fight against asphalt-resin-paraffin deposits during the operation of the wells of the Khasyreyskoye field; analysis of the effectiveness of dewaxing using equipment for deep dosing of asphalt-resin-paraffin deposits inhibitors; analysis of the efficiency of dewaxing using tubing with an internal silicate-enamel coating; analysis of the efficiency of dewaxing using thermally insulated pipes.

Механизм и условия образования АСПО

Нефть является сложной по химическому составу смесью компонентов, которые в зависимости от строения и внешних условий находятся в разных состояниях: смолы и парафины – молекулярном, асфальтены – коллоидном. В зависимости от возраста и происхождения нефти химический состав АСПО может колебаться в чрезвычайно широких пределах. АСПО содержат парафины, асфальтены, смолы, кислород, азот, серу, металлы, а также минеральные вещества в виде растворов солей органических кислот. В состав АСПО входит небольшое количество воды, в которой растворены соли, чаще всего хлориды и гидрокарбонаты натрия, кальция, магния, а также сульфаты и карбонаты.

Высокомолекулярные парафиновые углеводороды, начиная с $C_{16}H_{34}$ и выше, при нормальных условиях температуры и давления являются твёрдыми веществами. Парафиновые углеводороды могут иметь нормальное или изостроение молекул. Первые из них в обычной практике называют парафинами, вторые – церезинами. С ростом числа углеводородных атомов в молекуле парафина и церезина увеличивается температура плавления и снижается их растворимость в органических соединениях.

Углеводороды парафинового ряда по своим химическим свойствам характеризуются большой устойчивостью при воздействии на них различных реагентов. Парафины не растворяются в воде, кислотах и щелочах, слабо растворяются в абсолютном спирте, хорошо растворяются в органических растворителях – эфире, хлороформе, бензоле и нефтяных фракциях, причем с повышением температуры указанных растворителей растворимость парафинов резко повышается.

В зависимости от их содержания нефти делятся на малопарафинистые (менее 1,5 % парафина), среднепарафинистые (от 1,5 % до 6 % парафина) и высокопарафинистые (более 6 % парафина).

Смолисто-асфальтеновые вещества являются сложной смесью высокомолекулярных соединений, которые в основном концентрируются в нефти и АСПО в виде коллоидных систем. Иногда их содержание достигает 50 %. Смолисто-асфальтеновые вещества имеют большую молекулярную массу и не перегоняются даже с помощью вакуумной перегонки. Смолисто-асфальтеновые вещества состоят из конденсированных циклических структур, содержащих нафтеновые, ароматические и гетероциклические кольца с несколькими боковыми алифатическими цепями.

В состав АСВ входят компоненты следующих групп:

- смолы – вещества, нерастворимые в кислотах и щелочах и растворимые в органических растворителях, алканах, ароматических углеводородах, хлорпроизводных и др.;
- асфальтены – вещества, нерастворимые в лёгких алканах и полностью растворимые в ароматических углеводородах, сероуглероде, хлорпроизводных и др.

Основную массу смолисто-асфальтеновых веществ составляют смолы, доля асфальтенов небольшая (в нефтях некоторых месторождений они отсутствуют). Асфальтенами называются нерастворимые в петролейном эфире компоненты нефти.

Содержание асфальтенов в нефтях колеблется от 0 % до 20 %, молекулярная масса 1500–10000. Асфальтены растворимы в ароматических углеводородах, нефти, хлороформе и сероуглероде.

Содержание углерода 80–86 %, водорода 7–9 %, серы 0–9 %, кислорода 1–9 %, азота 0–1,5 %. По внешнему виду это порошкообразные вещества бурого или чёрного цвета с плотностью более единицы.

Таким образом, состав АСПО нефтяных скважин является сложным. Они включают соединения различных классов, способные претерпевать химические превращения под действием химических и физических факторов.

В условиях пласта нефть большинства месторождений представляет собой гомогенную среду, когда нефтяные газы и твёрдые парафины находятся в растворённом состоянии.

Некоторые высокопарафинистые нефти в условиях пласта являются насыщенными или близкими к насыщению растворами парафина. Понижение температуры нефти до точки насыщения и далее вызывает изменение агрегатного состояния ком-

понентов, приводящее к образованию центров кристаллизации и росту кристаллов, которые имеют упорядоченное расположение молекул. Парафиновые отложения представляют собой тёмную массу от мазеобразной до твёрдой консистенции. Температура плавления такой массы зависит от её состава и колеблется от 40 °С до 700 °С.

Вязкость парафинистой нефти зависит от находящегося в ней парафина и температуры. Чем больше содержание парафина и ниже температура, тем больше вязкость нефти, и при низких температурах, нефть с содержанием парафина 5–8 % теряет текучесть.

Соприкосновение насыщенной парафином нефти со стенкой трубы, имеющей пониженную температуру и шероховатость, обуславливает возникновение на ней отдельных кристаллов парафина, которые продолжая расти, образуют сравнительно прочную корку парафиновых отложений на внутренней поверхности подъёмных труб.

Образование твёрдых парафиновых отложений на внутренней поверхности трубопроводов объясняют течением двух процессов:

- 1) выкристаллизовыванием из пересыщенного раствора частиц твёрдой фазы на активных центрах поверхности;
- 2) контактированием частиц, взвешенных в потоке со стенками труб и закреплением на них.

Кратко резюмируя вышесказанный материал, сформулируем необходимые условия формирования парафиновых отложений:

- наличие в нефти высокомолекулярных соединений углеводородов и в первую очередь метанового ряда (парафинов);
- снижение температуры потока до значений, при которых происходит выделение твёрдой фазы из нефти;
- наличие подложки с пониженной температурой, на которой кристаллизуются высокомолекулярные углеводороды с достаточно прочным сцеплением их с поверхностью, исключающим возможность срыва отложений потоком газожидкостной смеси или нефти при заданном технологическом режиме.

Существует множество других факторов, способствующих или препятствующих интенсивному формированию парафиновых отложений, к наиболее существенным из них могут быть отнесены:

- скорость потока, вначале интенсивность отложения растёт с увеличением скорости за счёт увеличения массопереноса, а затем снижается, поскольку возрастают касательные напряжения, превышающие прочность сцепления парафина с поверхностью оборудования;
- газовый фактор и сам процесс выделения газа при снижении давления, с выделением и расширением газа понижается температура, а присутствие газа в потоке усиливает массообмен, в результате доля парафиновых углеводородов, кристаллизующихся на поверхности оборудования, существенно возрастает;
- наличие механических примесей, являющихся активными центрами кристаллизации, может привести к уменьшению интенсивности отложения парафина за счёт снижения состояния пересыщения нефти последним и увеличение его доли кристаллизации в объёме;
- состояние поверхности оборудования оказывает существенное влияние на прочность сцепления парафиновых отложений, в частности, полярность материала подложки и качество поверхности.

Классификация способов борьбы с АСПО

На практике применяются различные способы депарафинизации подземных труб и наземных сооружений. Одни способы депарафинизации требуют остановки скважины, другие позволяют осуществлять депарафинизацию без прекращения работы скважины. Способы депарафинизации отличаются и по технологии процесса депарафинизации.

Используют различные средства предупреждения и удаления АСПО:

- применение защитных покрытий внутренней поверхности труб;
- депарафинизация с помощью волнового воздействия (акустического, ультразвукового);

- электромагнитные и магнитные (воздействие на движущийся поток жидкости специально сформированными магнитными полями);
- гидравлические (штуцирование сечений трубопроводов с целью инициации выделения газовой фазы, использование имплозионных и гидроструйных устройств);
- химические (добавление химических соединений в нефтегазовую смесь, ингибирование, растворение);
- тепловые (прогрев горячей жидкостью или паром, нагрев электрическим током оборудования или жидкости, термохимическая депарафинизация);
- механические (механические скребки, устанавливаемые на проволоке или штангах).

При предотвращении отложений парафинов достигается наиболее устойчивая и безаварийная работа оборудования, снижаются энергетические затраты, увеличивается межремонтный период работы скважин и оборудования, уменьшается загрязнение окружающей среды. Поэтому при решении вопросов по борьбе с отложениями парафина в первую очередь необходимо рассматривать возможность применения способов предотвращения отложений парафинов.

Предотвращение АСПО

Подбор гидравлического режима

К числу основных факторов, существенно влияющих на интенсивность отложения парафина, относится гидродинамическая характеристика потока.

О влиянии скорости потока на интенсивность отложения парафина известно давно, что подтверждается данными экспериментальных исследований и промышленных наблюдений.

Интенсивность образования АСПО во многом зависит от скорости течения флюидов. При ламинарном характере течения, то есть низких скоростях потока, формирование АСПО происходит достаточно медленно. С ростом скорости (при турбулизации потока) интенсивность отложений вначале увеличивается. Дальнейший рост скорости движения газожидкостной смеси ведёт к уменьшению интенсивности отложения АСПО. При больших скоростях движения потока смесь охлаждается медленнее, чем при малых, что также замедляет процесс образования АСПО.

При достижении определённой скорости потока жидкости, силы сцепления парафина с поверхностью труб преодолеваются скоростью потока. Эта скорость называется критической или скоростью срыва. При дальнейшем увеличении скорости парафин уже не откладывается на стенках труб. Однако с увеличением скорости возрастают и гидравлические потери на подъём жидкости на поверхность. Таким образом, для достижения скорости срыва для скважины со средним дебитом, эксплуатирующейся в фонтанном режиме, имеются технические трудности, связанные с необходимостью соблюдения условий фонтанирования, дебита скважины.

Применение специальных НКТ

Надёжным и универсальным средством борьбы с отложениями парафина является применение защитных покрытий, хорошо сопротивляющихся парафинизации в самых жёстких условиях эксплуатации.

Для исследования процесса сцепления нефтяных парафинов с различными поверхностями были выбраны: полиэтилен, фторопласт-4, полихлорвиниловый пластикат 431, полиамиды ПК-4, ПФЭ-2/10, ПКРТ-3 (светлая), ПКРТ-3 (коричневая), бакелитовый лак.

К первой группе материалов с низкой степенью запарафинивания относятся пластмассовые пленки полиамидной основы и отвердевший бакелитовый лак. Толщина парафиновых отложений составила 0,1–0,3 мм.

Вторая по интенсивности запарафинивания группа пластмасс представлена пленками полиэтилена и фторопласта-4. Толщина парафиновых отложений составила 1,0–1,5 мм.

Для всех испытываемых образцов характерна высокая степень гладкости. Наиболее гладкими были фторопласт-4 и полихлорвиниловый пластификат 431. Однако интенсивность запарафинивания фторопласта-4 значительно выше, чем пленок полиамидной основы. Это говорит о существенном влиянии природы поверхности на характер её запарафинивания в условиях скважины.

Был установлен характер парафинизации поверхности ряда металлов повышенной гладкости и определено влияние природы металлов на этот процесс.

Отполированные механическими средствами пластины различных металлов имели одинаковую высоту гребней 0,1–0,8 мк. Было выявлено, что интенсивность парафинизации уменьшается в ряду алюминий → сталь → медь → латунь → никель.

Из анализа полученных материалов видно, что гладкость поверхности металлов не препятствует их парафинизации.

Это означает, что высокая чистота обработки металлов, из которых можно было бы изготовить трубы (алюминий, сталь) не предотвращает их парафинизации.

Весьма показательно, что испытываемое вместе с металлами стекло с шероховатой поверхностью запарафинивалось значительно меньше, чем поверхности металлов с более высоким качеством обработки. Основным преимуществом применения защитных покрытий является значительное снижение или отсутствие каких-либо затрат на депарафинизацию оборудования после нанесения защитного материала.

Данное покрытие показало свою высокую эффективность по результатам опытно-промышленных испытаний на скважинах Хасырейского месторождения.

Применение теплоизоляционных конструкций

Для сохранения температуры потока продукции на уровне величин, исключающих образование парафиновых и газогидратных пробок, используют теплоизолированные лифтовые трубы (ТЛТ) с коэффициентом теплопроводности изоляции до 0,01 Вт/(м · °К).

Конструкция основного элемента ТЛТ показана на рисунке 1.

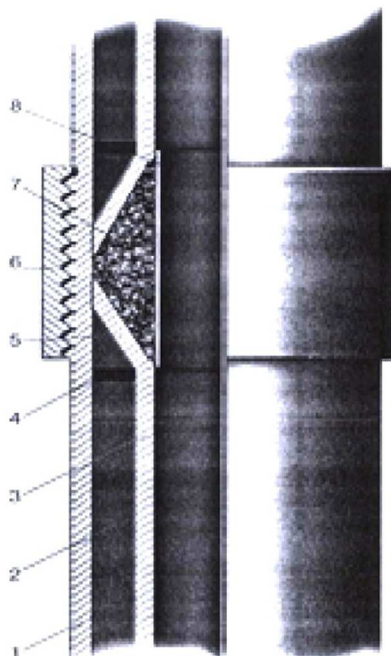


Рисунок 1 – Конструкция основного элемента ТЛТ

Как видно на рисунке 1, теплоизоляция 2 размещена в кольцевом герметичном зазоре, в котором создан вакуум, между стенками труб 1 и 3.

С торцов в зоне муфты 6 она защищена диафрагмами 5. Муфтовый вкладыш 7 из малопроемного материала защищен стальной втулкой 8 от эрозионного воздействия потока продукции.

Теплоизолирующий эффект достигается в трубах за счёт вакуума в межтрубном пространстве и отражения инфракрасных лучей рифленой бумагой. Применение ТЛТ 89/60, на скважине № 5010 Хасырейского месторождения позволило значительно повысить температуру жидкости на устье скважины.

Использование физических методов борьбы с АСПО

В последние годы усилился интерес к использованию физических полей для решения проблем добычи и транспортировки нефти и нефтепродуктов. На процесс выпадения высокомолекулярных углеводородов влияют практически все физические поля: тепловые, электрические, магнитные, электромагнитные, акустические.

Магнитообработка нефти. На практике были разработаны и внедрены магнитоактиваторы для борьбы с парафиноотложениями в добывающих скважинах. При этом было отмечено, что эффективность магнитоактиваторов на разных объектах не всегда бывает удовлетворительной, что связано как с составом и свойствами скважинной жидкости, так и с гидродинамическим режимом работы скважины.

Отмечено, что парафин, откладывающийся на стенках труб, после прохождения через магнитный аппарат становится более мягким и рыхлым.

Сцепляемость парафина такой структуры со стенками труб уменьшается, в связи с чем он легко срывается со стенок труб нефтяным потоком.

Таким образом, обработка нефтяного потока магнитным полем приводит к изменению формы кристаллов выделяющегося из нефти парафина, делает их неспособными создавать прочную корку на стенках труб, что в итоге обуславливает эффективность способа.

В процессе испытания магнитного способа было установлено, что эффективность действия магнитного поля на отложения парафина увеличивается с увеличением содержания в скважинной жидкости хлористых солей.

Таким образом, чем больше процент минеральных солей в попутно добываемой пластовой воде, тем выше эффект омагничивания, что и было подтверждено опытами.

Положительный эффект от использования магнитных скважинных депарафинаторов, рост периода времени между проведением операций по очистке НКТ от АСПО, достигается правильным подбором магнитоактиватора исходя из: учёта характеристик нефти (содержанием парафинов, смол и асфальтенов), учёта гидродинамического режима работы скважины и при необходимости отсутствия механических примесей крупного размера.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день информации о применении магнитных активаторов с высокой эффективностью, позволяющих полностью отказаться от других способов удаления АСПО, нет.

Химические способы

Сущность химического метода заключается в применении реагентов, предотвращающих отложение парафина – диспергаторов, депрессантов и смачивателей.

Несмотря на применение специального оборудования и сравнительно высокую стоимость химических реагентов, химические методы зарекомендовали себя как выгодные и эффективные способы борьбы с отложениями парафина.

Таким образом, одним из перспективных направлений в борьбе с отложениями парафина является применение реагентов, замедляющих интенсивность парафинизации нефтепромыслового оборудования. В основе действия реагентов-ингибиторов лежат адсорбционные процессы, происходящие на границе фаз «жидкость – твёрдое тело».

В соответствии с механизмом действия различают:

- ингибиторы парафиноотложений моющего (детергентного) действия;
- ингибиторы парафиноотложений модифицирующего (депрессорного) действия (депрессоры);
- ингибиторы покрывающего (гидрофилизирующего) действия.

Технологическая схема подачи ингибитора определяется способом эксплуатации скважин. Подача ингибитора или обработка нефтепромыслового оборудования осуществляется непрерывно или периодически.

Непрерывная подача ингибитора производится наземным или глубинным дозировочным устройством. Периодическая подача осуществляется устройством гидростатического действия или насосным агрегатом ЦА-320.

Непрерывная или периодическая подача ингибитора наземными дозаторами осуществляется в затрубное пространство скважин.

Наиболее технологичным и эффективным является глубинное дозирование ингибиторов с применением погружного гибкого трубопровода и наземного блока дозирования. Ингибитор по погружному трубопроводу подаётся ниже интервала начала кристаллизации парафина.

Применение специально подобранных ингибиторов позволяет:

- отказаться или сократить количество дорогостоящих и трудоёмких механических методов удаления АСПО;
- значительно увеличить МОП оборудования скважин с целью минимизации затрат на механические методы.

Предотвращение АСПО термическими методами

В последнее время термические методы находят все более широкое применение для борьбы с отложениями парафина на стенках подъёмных труб. В глубинно-насосных скважинах для борьбы с отложениями в колонне насосных труб применяют следующие термические методы, которые различаются между собой видом генератора тепловой энергии и его местоположением:

- депарафинизация глубинно-насосного оборудования при помощи пара;
- депарафинизация глубинно-насосного оборудования прокачкой горячей жидкости;
- электродепарафинизация глубинно-насосного оборудования;
- депарафинизация подъёмных труб индукционной печью;
- различные способы термохимической депарафинизации.

Удаление АСПО

Удаление АСПО термическими методами

Удаление АСПО при помощи пара. Данный метод является наиболее старым из применяемых методов. Очистка подъёмных труб от парафина путем прогрева их паром может проводиться непосредственно в скважине или после извлечения их на поверхность.

Этот способ очистки подъёмных труб от парафина (без извлечения труб из скважины) имеет ряд существенных недостатков, низкую эффективность, и в связи с этим может применяться для обработки неглубоких малодебитных скважин.

Удаление АСПО прокачкой горячей жидкости. Сущность этого метода заключается в подаче в скважину подогретого теплоносителя, в качестве которого чаще всего используется нефть или вода.

Достоинства: процесс депарафинизации с применением горячей жидкости очень прост и достаточно эффективен. Данный способ депарафинизации применим для фонтанных и глубинно-насосных скважин.

Недостатки: отвлечение нефти на собственные нужды, недостаточная глубина прогрева оборудования (100–400 м), при обработке фонтанных скважин дегазированной нефтью или водой при определённых условиях возможно прекращение фонтанирования.

Химические способы удаления АСПО

Химические методы борьбы с отложениями парафина основываются на удалении смолопарафиновых отложений с помощью органических растворителей и водных растворов различных композиций поверхностно-активных веществ (ПАВ).

До применения ингибиторов необходимо тщательно подготовить скважину – очистить от смолопарафиновых отложений НКТ, арматуру и выкидные линии с помощью удалителей. После соответствующей подготовки скважины применяют ингибиторы для предотвращения отложений смолопарафиновой массы.

Сущность химических методов удаления парафиновых отложений заключается в предварительном их разрушении или растворении с последующим удалением. Для этих целей используются:

- органические растворители с высокой растворяющей способностью не только твёрдых углеводородов, но и асфальто-смолистых веществ;
- водные растворы ПАВ, которые при контакте с парафиновыми отложениями проникают в их толщу и, диспергируя смолопарафиновую массу, снижают их прочность вплоть до разрушения.

Особых ограничений для применения химических методов удаления смолопарафиновых отложений нет.

При эксплуатации скважин Хасырейского месторождения, растворители АСПО применяются при подготовке скважин к обработке ингибиторами парафиноотложений, для восстановления внутреннего проходного сечения колонны НКТ в случае невозможности очистки скребком.

Механические способы

Борьба с АСПО в скважинах с помощью скребкования. Депарафинизация подъёмных труб механическими скребками заключается в срезании со стенок труб отложений АСПО.

Различают скребки непрерывного и периодического действия в зависимости от того, как запроектирован процесс депарафинизации подъёмных труб (непрерывный или периодический).

Процесс депарафинизации подъёмных труб скребками при периодическом режиме депарафинизации состоит в срезании парафина, отложившегося после предыдущей очистки труб. Чем больше период работы скважины между очистками труб от парафина, тем больше будет слой отложившегося парафина.

Непрерывный процесс депарафинизации состоит в предупреждении отложения парафина в подъёмных трубах.

Многолетняя практика применения скребков показывает их преимущество перед другими способами депарафинизации по простоте способа и в экономическом отношении.

Анализ механизма и условий образования АСПО

при эксплуатации скважин Хасырейского месторождения

Изучение особенностей механизма парафиноотложения при эксплуатации скважин Хасырейского месторождения необходимо для определения эффективных и обоснованных методов, технологий по предотвращению и удалению АСПО, способствующих повышению эффективности эксплуатации добывающего фонда скважин, межремонтного периода работы оборудования.

Хасырейское нефтяное месторождение территориально приурочено к зоне сплошного распространения многолетнемёрзлых пород. Толщина многолетнемёрзлых пород изменяется от 370 до 510 м. Среднегодовые температуры мёрзлых грунтов составляют минус 1,8–2,3 °С, на торфяниках – минус 2,3–3,0 °С.

Разгазированная нефть по плотности средняя, высокопарафинистая (8,3–11,8 %), среднесмолистая (9,9 %). В связи с высоким содержанием парафина имеет повышенную температуру застывания – в среднем 18 °С. Температура начала кристаллизации парафина при пластовом давлении составляет 38 °С, температура плавления парафина 54,5 °С.

Давление насыщения нефти газом составляет 20,1 МПа. Ниже этого давления происходит разгазирование нефти, что способствует созданию условий для образования АСПО из-за охлаждающего эффекта.

На рисунке 2 представлен график изменения температуры жидкости и давления по стволу скважины № 5016. Как видно из рисунка, условия для кристаллизации парафина благоприятны уже на глубине 2200 м (температура 38 °С, давление 21 МПа).

На основании выше изложенного, можно сделать вывод, что на скважине № 5016 Хасырейского месторождения теоретически выпадение АСПО может начинаться с глубины 2200 м. Практически установлено (по результатам подъёма оборудования при ремонте скважин), что отложения парафина на большинстве скважин начинаются с глубины 2000 м.

Таким образом, анализ геолого-физических характеристик Хасырейского месторождения, анализ глубинных и устьевых проб нефти и АСПО позволил установить основной комплекс факторов, обуславливающих накопление твёрдой фазы (в частности АСПО) на поверхности НКТ при добыче нефти.

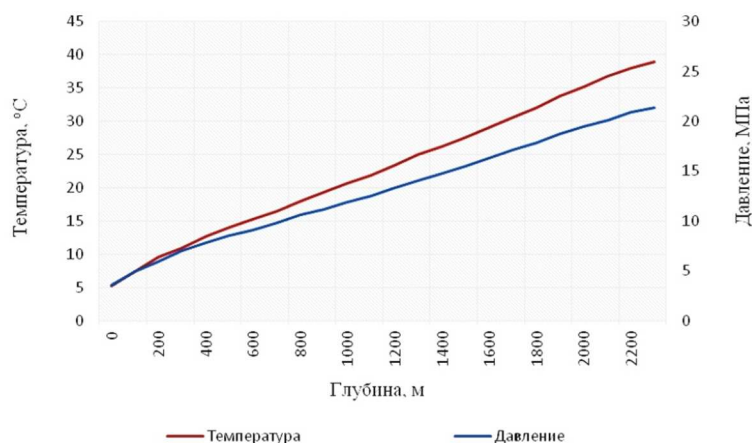


Рисунок 2 – Изменение температуры жидкости и давления по стволу скважины № 5016

Невысокие пластовые температуры (38–40 °C) в сочетании с высокой температурой кристаллизации парафина (38 °C), достаточно большая глубина залегания нефти (2300 м) и присутствие в разрезе многолетнемёрзлых пород, способствует образованию АСПО на глубине, начиная с 2000 м.

Высокое содержание в нефти парафинов и смол в сочетании с шероховатостью поверхности НКТ интенсифицирует процесс парафинизации оборудования. Происходит образование прочных АСПО, хорошо сцепленных как между собой, так и с поверхностью НКТ.

В процессе эксплуатации скважин, при снижении давления до давления насыщения, при подъёме продукции, происходит разгазирование нефти и её охлаждение, что вызывает интенсификацию процесса парафиноотложения. Однако вклад разгазирования в процесс формирования АСПО, из-за относительно малого газового фактора, не высок по сравнению с вкладом охлаждения нефтяного потока за счёт отдачи тепла в окружающую среду.

Текущее состояние борьбы с АСПО при эксплуатации скважин Хасырейского месторождения

В настоящее время все добывающие скважины, на которых не применяется оборудование и технологии по предотвращению парафиноотложений, периодически очищаются от АСПО спуском очистных устройств (скребков) на проволоке до глубины 1450 м с установки депарафинизации скважин УДС-1М. При этом скважины штуцуются для снижения вероятности подброса скребка восходящим потоком жидкости.

В среднем скребкование проводят до 8 раз в сутки, после подъёма скребка на нем наблюдаются интенсивные отложения парафина до 40–60 % от объёма скребка. Для сокращения времени работы скважины на малых штуцерах со сниженным дебитом, спуск скребка производится в ручном режиме с ограничением скорости спуска до 2 м/с при помощи ручного тормоза УДС-1М (в автоматическом режиме скорость спуска составляет 0,5 м/с, возрастает вероятность подброса скребка).

Периодичность спуска скребка определяется для каждой скважины индивидуально по наличию осложнений при спуске (замедление скорости спуска, остановка скребка), величине отложений на скребке после подъёма.

Для удаления отложений в интервале 1500–2000 м (ниже интервала обработки с УДС-1М), применяется передвижная установка ЛСГ в соответствии с разработанным графиком.

Тепловые обработки горячей нефтью или водой проводятся только для ликвидации осложнений, возникающих при механической очистке НКТ – непрохождение, подброс скребка на глубинах до 400 м, так как на больших глубинах тепловые обработки являются недостаточно эффективными.

Несмотря на предпринимаемые меры, полностью исключить остановки скважин из-за обрывов, подбросов, непрохождения скребков не удаётся. В текущем все преждевременные ремонты скважин производились по причинам, связанным с АСПО.

Механический способ очистки НКТ от АСПО скребками, кроме недостаточной эффективности, имеет ряд существенных недостатков, ухудшающих технико-экономические показатели эксплуатации скважин:

- скважина, в период проведения спускоподъёмных операций скребка, продолжительное время (до 10–12 часов в сутки) работает на малых диаметрах штуцера с пониженным дебитом;

- задействуется большое количество обслуживающего персонала (операторов по добыче нефти и газа) для проведения технологических операций по депарафинизации оборудования.

При выборе методов и технологий борьбы с АСПО, для снижения негативного влияния асфальто-смоло-парафиновых отложений на технологический процесс добычи нефти, предпочтение отдавалось методам, направленным на предотвращение отложений.

В течение года проводились опытно-промышленные испытания:

- оборудования для глубинного дозирования ингибиторов АСПО;
- насосно-компрессорных труб с внутренним силикатно-эмалевым покрытием в составе лифтовой колонны;
- термоизолированных труб ТЛТ-89/60 с внутренним силикатно-эмалевым покрытием в составе лифтовой колонны.

Анализ эффективности депарафинизации с помощью оборудования для глубинного дозирования ингибиторов АСПО

Оборудование для дозированной подачи химического реагента (ОПР) предназначено для регулируемой подачи реагента в зону приёма глубинного насоса, в зону перфорации, в затрубное пространство на необходимую глубину. В состав ОПР входит наземный и подземный комплект оборудования.

Наземная часть состоит из блока подачи реагента БПР-2(2,5/400)-2(1,5), в который входит два дозирующих и два циркуляционных насоса, наземной части трубопровода с клапаном ввода реагента.

Подземная часть состоит из гибкого скважинного трубопровода и муфты клапана под НКТ 73, для ввода реагента в полость НКТ.

Максимальная производительность дозирующих насосов 2,5 л/час при давлении 40 МПа. Скважинный гибкий трубопровод Ду-6х0,4 на рабочее давление $P = 40$ МПа.

Необходимым условием эффективности применения ингибиторов и растворителей АСПО является их качественный подбор в лабораторных условиях с учётом физико-химических свойств и состава обрабатываемой нефти. В отечественной и зарубежной практике существует ряд методик, применяемых для определения эффективности ингибиторов АСПО, из которых наибольшее распространение получил метод «холодного стержня».

В ходе работ по подбору химреагентов, проводились исследования эффективности шести ингибиторов АСПО импортного производства – CF-2145, CF-23, Seraflux 3120 компании «Baker Petrolite» (Англия); Прошинор АП 07, Прошинор АП 104, Прошинор АП 114 компании «СЕКА» (Франция) на пробе нефти и АСПО из скважины № 5018.

Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Защитный эффект ингибиторов парафиноотложений

Реагент	Защитный эффект (%) при концентрации, г/т			
	100	200	300	500
CF-2145	отсутствует	25,1	31,9	47,3
CF-23	34,9	52,0	58,3	48,1
Seraflux 3120	отсутствует	отсутствует	14,5	18,1
Прошинор АП 07	31,9	64,3	58,5	56,3
Прошинор АП 104	15,6	48,0	49,9	52,5
Прошинор АП 114	35	66,1	64,7	65,6

Из приведённой таблицы следует, что ни один из испытанных образцов не предотвращает АСПО со 100 % эффективностью.

На рисунке 3 показан защитный эффект ингибиторов парафиноотложений. Из рисунка видно, что лучший результат получен с реагентом Прошинор АП 114 при концентрации 200 г/т. Реагенты CF-2145 и Seraflux 3120 с данным образцом нефти проявили недостаточный защитный эффект как ингибиторы парафиноотложений.

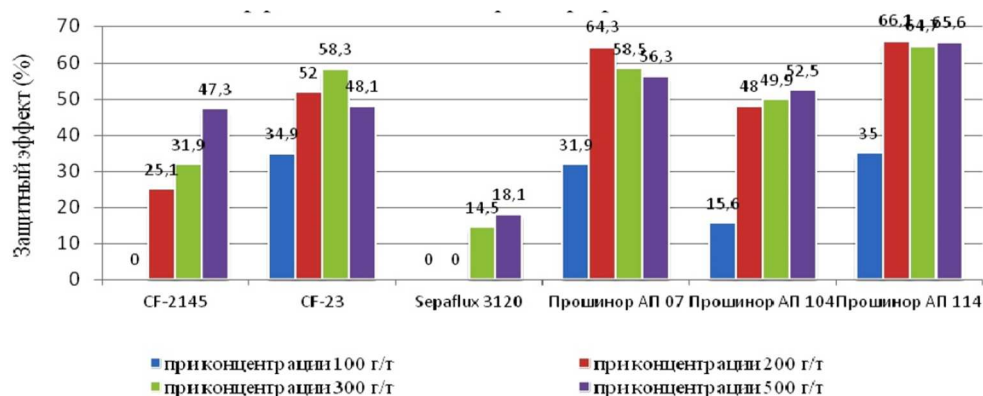


Рисунок 3 – Защитный эффект ингибиторов парафиноотложений

В реальных условиях эффективность применения ингибиторов может изменяться как в лучшую, так и в худшую сторону. Физико-химические свойства данных реагентов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические свойства реагентов

Параметры	CF-23	Прошинор АП 07	Прошинор АП 104	Прошинор АП 114
Внешний вид	жидкость	жидкость	жидкость	жидкость
Цвет	коричневый	светло-коричневый	светло-коричневый	коричневый
Плотность при 20 °С, кг/м ³	870–930	925–985	952–982	960
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	35	70	16	100
Температура вспышки, °С	40	63	65	63
Температур застывания, °С	– 30	– 20	– 25	– 40

Для выбора удалителя (растворителя) и определения технологии его применения также были проведены лабораторные исследования. Сущность исследований заключается в определении растворяющей способности реагентом образца АСПО (в процентах) в статических условиях при определённой температуре и продолжительности опыта.

В качестве растворителей исследовались: прямогонный бензин, растворители АСПО СОНПАР 5402 и СОНПАР 5402 А.

Определение растворяющей способности реагентов проводилось при температуре 15 °С, как наиболее соответствующей скважинным условиям.

Наилучшие результаты были получены с растворителем СОНПАР 5402 – степень растворения составила 89 % образца АСПО за 3 часа в статических условиях – рекомендуется для применения на скважинах Хасырейского месторождения.

Работы по определению эффективности применения ингибиторов АСПО проводились в два этапа (для каждого реагента).

1 этап – увеличение межочистного периода (спуска скребков) до максимально возможного уровня при условии соблюдения стабильного, безотказного режима работы скважины, расход ингибитора максимальный для применяемого блока подачи реагента – 2,5 л/час;

2 этап – снижение расхода ингибитора (дозировки) до минимального значения, обеспечивающего межочистной период работы скважины, полученный при проведении I этапа.

За критерий эффективности применения ингибиторов или технологий борьбы с АСПО примем увеличение межочистного периода работы скважины (сокращение количества спускоподъёмных операций очистного устройства – скребка), увеличение дебита скважины.

Эффективность защиты, обеспечиваемую применяемой технологией предотвращения АСПО, можно определить по формуле:

$$Z = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100 \%,$$

где Z – защитный эффект применяемой технологии, %; P_1 – количество СПО скребка в сутки до применения технологии; P_2 – количество СПО скребка в сутки при применении технологии.

Работы проводились на скважинах Хасырейского месторождения – на скважине № 5016 в течение 104 дней и на скважине № 5018 в течение 165 дней.

Скважина № 5016

Геолого-технические характеристики, эксплуатационные параметры скважины, характеристика применяемого оборудования:

- способ эксплуатации – ЭЦН;
- диаметр эксплуатационной колонны – 168/8,9 мм;
- интервал перфорации – 2330–2279 м;
- глубина спуска колонны НКТ 73/5,5 – 2220 м;
- дебит – 80 м³/сут.;
- обводнённость продукции скважины – 30 %;
- количество СПО скребка до ингибирования – 7 раз/сут.;
- глубина спуска скважинного трубопровода Ду 6/0,4 – 1711 м;
- наземный блок подачи реагента – БПР-2(2,5/400)–2(1,5);
- максимальная производительность насоса – 2,5 л/час.

Работы по глубинному дозированию ингибиторов проводились в течение 104 дней, были испытаны все четыре предложенных реагента. В соответствии с рекомендациями производителей ингибиторов, при переходе с одного реагента на другой, производился комплекс работ по подготовке скважины – очистка внутренней поверхности колонны НКТ от отложений растворителем АСПО СОНПАР 5402. Для обеспечения достаточной глубины очистки – 1700 м, растворитель в объёме 5 м³ закачивался в НКТ с выдержкой на реакцию (растворение) в течение 3–4 часов. Затем скважина запускалась в работу, начиналось дозирование ингибитора.

Возможность увеличения межочистного периода определялась по следующим признакам – величина отложений на скребке после подъёма, замедление или остановки скребка при спуске.

Положительных результатов по 1 этапу испытаний ингибиторов (увеличение межочистного периода при максимальной дозировке) не получено.

По истечению 104 дней скважина остановлена по причине подброса и обрыва скребка на глубине 600 метров, при ремонте скважины силами бригады ПРС оборудование по дозированию ингибитора (скважинный трубопровод) извлечено, произведён спуск НКТ с внутренним силикатно-эмалевым покрытием.

В таблице 3 и на рисунках 4 и 5 приведены результаты испытаний ингибиторов АСПО на скважине № 5016 Хасырейского месторождения.

Таблица 3 – Результаты испытаний ингибиторов АСПО на скважине № 5016

Ингибитор АСПО	Защитный эффект, %	Режим работы до обработки		Режим работы при обработке	
		Q _{жид} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки	Q _{жид} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки
CF-23	0	80	7	76	7
Прошитор АП 07	0	80	7	82	7
Прошитор АП 104	0	80	7	80	7
Прошитор АП 114	0	80	7	81	7

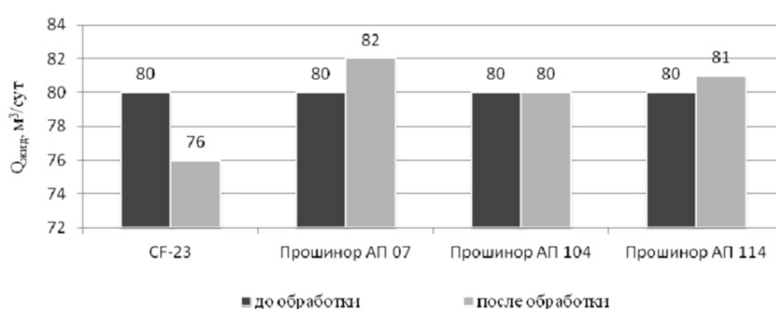


Рисунок 4 – Результаты испытаний ингибиторов

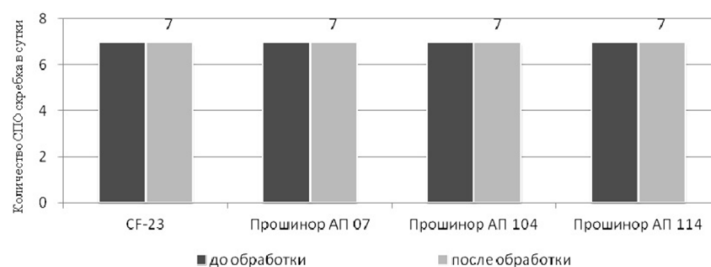


Рисунок 5 – Количество СПО скребка в сутки

Возможной причиной отсутствия положительного эффекта при проведении работ может быть недостаточная температура жидкости в зоне подачи ингибиторов АСПО (примерно 28 °С), температура начала кристаллизации парафина составляет 38 °С.

Также необходимо отметить, что в ходе выполнения работ не проводилось определение наличия и концентрации ингибиторов в продукции скважины, хотя такие методики существуют. В результате утечек или разгерметизации скважинного трубопровода возможно недостаточное поступление ингибитора на заданную глубину и нарушение режима дозирования.

Скважина № 5018

Геолого-технические характеристики, эксплуатационные параметры скважины, характеристика применяемого оборудования:

- способ эксплуатации – ЭЦН;
- диаметр эксплуатационной колонны – 168/8,9 мм;
- интервал перфорации – 2450–2390 м;
- глубина спуска колонны НКТ 73/5,5 – 2350 м;
- дебит – 91 м³/сут.;

- обводнённость продукции скважины – 30 %;
- количество СПО скребка до ингибирования – 8 раз/сут.;
- глубина спуска скважинного трубопровода Ду 6/0,4 – 2290 м;
- наземный блок подачи реагента – БПР-2(2,5/400)–2(1,5);
- максимальная производительность насоса – 2,5 л/час.

Работы по глубинному дозированию ингибиторов проводились в течение 165 дней. Были также испытаны все 4 предложенных реагента.

Технология проведения работ соответствует описанной выше по скважине № 5016, спуск скважинного трубопровода был произведён на максимальную глубину для обеспечения подачи ингибитора в зону температур, близких к температуре пласта.

Результаты испытаний ингибиторов АСПО на скважине № 5018 Хасырейского месторождения приведены в таблице 4 и на рисунках 6 и 7.

Таблица 4 – Результаты испытаний ингибиторов АСПО на скважине № 5018

Ингибитор АСПО	Защитный эффект, %	Увеличение дебита, м ³ /сут.	Концентрация ингибитора, г/т	Режим работы до обработки		Режим работы при обработке	
				Q _{жид.} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки	Q _{жид.} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки
CF-23	38	3	350	91	8	94	5
Прошинор АП 07	13	0	390	91	8	91	7
Прошинор АП 104	63	10	200	91	8	101	3
Прошинор АП 114	50	4	200	91	8	95	4

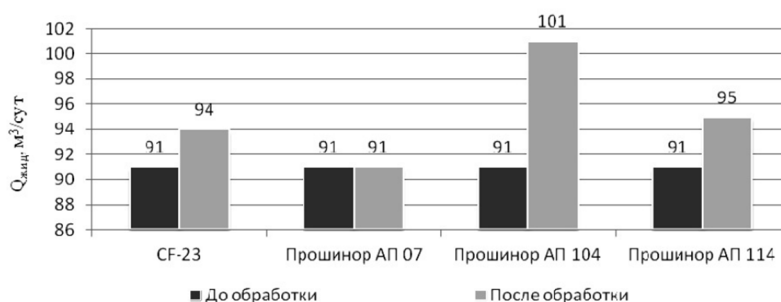


Рисунок 6 – Результаты испытаний ингибиторов АСПО на скважине № 5018

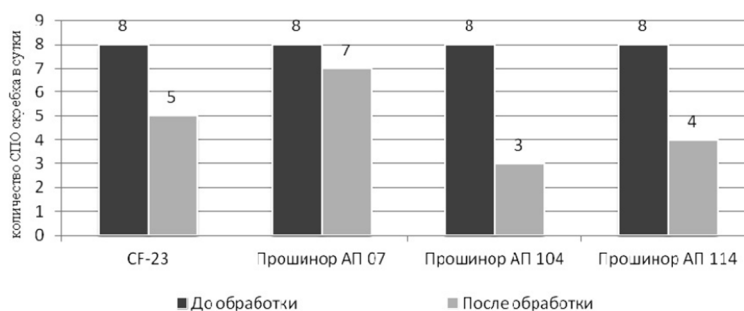


Рисунок 7 – Количество СПО скребка в сутки

В ходе проведения 1 и 2 этапа испытаний были определены для каждого реагента максимально возможный межочистной период и необходимая концентрация ингибитора в продукции скважины. Наиболее эффективным ингибитором АСПО является Прошинор АП 104, хотя в лабораторных условиях его эффективность была ниже. При дозировании данного реагента количество спускоподъёмных операций скребка снизилось с 8 до 3 раз в сутки, дебит скважины увеличился на 10 м³/сут. в основном за счёт сокращения времени работы скважины на меньших штуцерах.

Анализ эффективности депарафинизации с помощью НКТ с внутренним силикатно-эмалевым покрытием

При испытаниях применялись НКТ 73/5,5 с внутренним силикатно-эмалевым покрытием производства ЗАО «Негас» г. Пенза. Марка применяемой эмали МК-5р. Покрытие представляет собой композицию на основе силикатов и характеризуется высокой степенью гладкости, гидрофильностью, абразивной устойчивостью и термостойкостью.

В ходе проведения испытаний лифтовыми колоннами с силикатно-эмалевым покрытием были оборудованы 5 скважин с различными параметрами эксплуатации.

Геолого-технические характеристики и параметры эксплуатации скважин до спуска НКТ с покрытием приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Геолого-технические характеристики и параметры эксплуатации скважин

№ скважины	Способ эксплуатации	Глубина спуска НКТ с покрытием	Дебит, м ³ /сут.	Обводнённость продукции, %
5016	ЭЦН	2020	80	30
5108	ЭЦН	1950	91	30
5008	ЭЦН	1980	105	32
5106	ЭЦН	1900	93	32
5005	ЭЦН	2000	74	29

Оценка эффективности применения НКТ с покрытием проводилась аналогично описанной выше при испытании ингибиторов.

Результаты проведения опытно-промышленных работ приведены в таблице 6 и на рисунках 8 и 9.

Таблица 6 – Результаты испытаний НКТ с внутренним силикатно-эмалевым покрытием

№ скважины	Защитный эффект, %	Увеличение дебита, м ³ /сут.	Режим работы до спуска НКТ с покрытием		Режим работы после спуска НКТ с покрытием	
			Q _{жид.} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки	Q _{жид.} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки
5016	75	18	80	8	98	2
5108	83	10	91	6	101	1
5008	86	19	105	7	124	1
5106	86	14	93	7	109	1
5005	88	12	74	8	86	1

Из приведённой таблицы видно, что положительный результат получен по всем скважинам, средняя эффективность защитного покрытия составила 83 %, увеличение дебита в среднем по всем скважинам – 14,5 м³/сут.

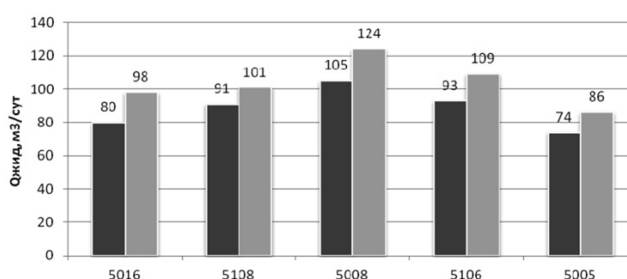


Рисунок 8 – Результаты испытаний НКТ с внутренним силикатно-эмалевым покрытием

Осложнений при проведении механической очистки скребками не отмечалось. Практически на всех скважинах при проведении спускоподъёмных операций скребка 1 раз в сутки (межочистной период 23 часа) происходит замедление скорости спуска в муфтовых соединениях колонны НКТ.

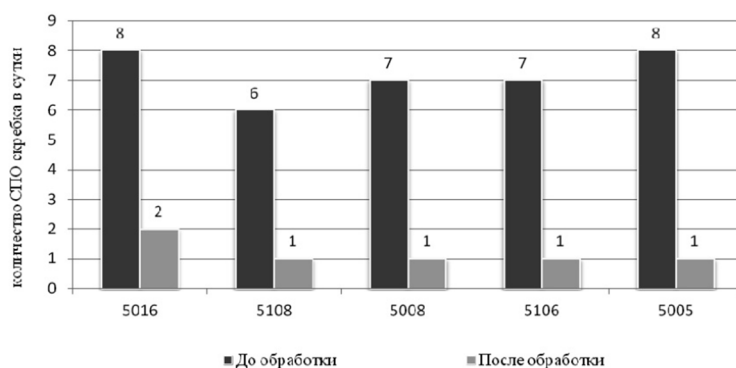


Рисунок 9 – Количество СПО скребка в сутки

С целью определения величины отложений на внутренней поверхности лифтовой колонны механическая очистка скребком не проводилась в течение 48 часов перед остановкой скважины.

После подъёма труб установлено следующее:

- толщина отложений по всей длине труб составляет 1,0–1,5 мм;
- отложения имеют мазеобразную, легко удаляемую консистенцию;
- на внутренней поверхности соединительных муфт толщина отложений значительно выше – до 15–17 мм.

Дальнейшее увеличение межочистного периода может привести к значительному сужению внутреннего проходного сечения и невозможности проведения спуска скребка.

Анализ эффективности депарафинизации

с помощью термоизолированных труб ТЛТ 89/60

Лифтовая колонна состоит из отдельных термоизолированных труб с внутренним силикатно-эмалевым покрытием, соединённых между собой при помощи муфты с изолирующей втулкой из фторопласта.

В таблице 7 приведена техническая характеристика труб ТЛТ.

Таблица 7 – Техническая характеристика труб ТЛТ

Наименование	Значение
Тип изоляции	вакуум-экранный
Вакуум межтрубного пространства, мм рт. ст.	$1 \cdot 10^{-4}$
Размер наружной трубы, мм	88,9/6,5
Размер внутренней трубы, мм	60,3/5
Длина трубы, м	8–10
Вес погонного метра, кг	21
Группа прочности стали	К
Рабочее давление внутреннее, МПа	80
Рабочее давление наружное, МПа	40
Марка эмали	МК-5р
Температура наружной стенки трубы при T жидкости 34 °С	22–24

Труба предназначена для оборудования скважин с диаметром эксплуатационной колонны 146 мм и более. Лифтовой колонной из термоизолированных труб оборудована скважина № 5010 Хасырейского месторождения.

Геолого-техническая характеристика и эксплуатационные параметры скважины:

- способ эксплуатации – фонтанный;
- диаметр эксплуатационной колонны – 168/8,9 мм;
- глубина спуска колонны ТЛТ 89/60 – 2160 м;
- дебит – 147 м³/сут.;
- обводнённость продукции скважины – 29 %;
- количество СПО скребка до ингибирования – 8 раз/сут.

Оценка эффективности применения ТЛТ проводилась аналогично описанной выше. Результаты проведения опытно-промышленных испытаний приведены в таблице 8 и на рисунках 10 и 11.

Таблица 8 – Результаты испытаний термоизолированных труб

№ скважины	Защитный эффект, %	Увеличение дебита, м ³ /сут.	Режим работы до спуска ТЛТ		Режим работы после спуска ТЛТ	
			Q _{жид} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки	Q _{жид} , м ³ /сут.	количество СПО скребка в сутки
5010	75	11	147	8	158	2

В результате применения термоизолированных труб температура на устье скважины увеличилась с 4 до 18 °С при работе на штуцере диаметром 18 мм. Дебит скважины увеличился на 11 м³/сут., количество спускоподъёмных операций скребка сократилось с 8 до 2 раз в сутки.

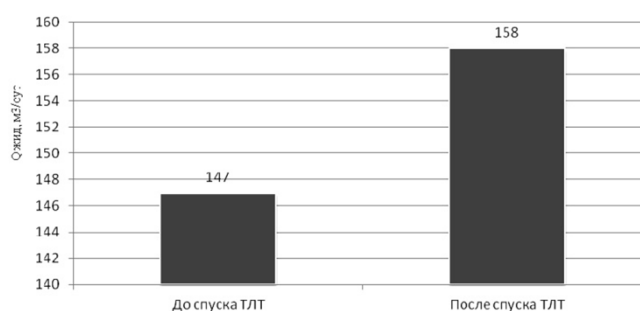


Рисунок 10 – Результаты испытаний термоизолированных труб

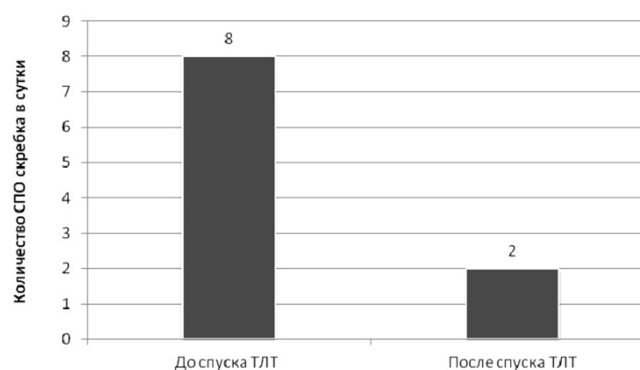


Рисунок 11 – Количество СПО скребка в сутки

При дальнейшем увеличении межочистного периода происходило замедление скорости спуска скребка в интервалах муфтовых соединений колонны ТЛТ, несмотря на применение изолирующих фторопластовых втулок.

При применении термоизолированных труб основное условие образования АСПО (пониженная температура) сохранилось.

Достаточно высокий защитный эффект можно объяснить наличием на внутренней поверхности труб силикатно-эмалевое покрытие.

Выводы и рекомендации

По результатам проведённых опытно-промышленных испытаний методов и технологий борьбы с АСПО при эксплуатации скважин Хасырейского месторождения можно сделать вывод, что все испытываемые методы являются эффективными. Наибольший защитный эффект получен при применении НКТ с внутренним силикатно-эмалевым покрытием.

В связи со значительным сокращением количества спускоподъёмных операций скребков в ходе испытаний данных методов и отсутствием осложнений при проведении депарафинизации можно прогнозировать увеличение межремонтного периода работы скважин. В то же время надо отметить, что ни один из испытанных методов не позволяет полностью отказаться от механической депарафинизации оборудования скребками.

Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Так, к недостаткам метода глубинного дозирования реагентов можно отнести:

- наименьшую полученную на данный момент эффективность;
- усложнение технологии проведения ремонта скважины в связи с необходимостью спуска скважинного трубопровода;
- дополнительные затраты на приобретение реагентов.

К достоинствам метода можно отнести снижение интенсивности отложений в трубопроводах системы нефтесбора.

При применении НКТ с силикатно-эмалевым покрытием АСПО отлагаются в незащищённой части колонны труб – в муфтовых соединениях и подвесных патрубках, трубопроводах системы нефтесбора. Однако этот метод является наиболее эффективным и технологичным из испытанных.

Для термоизолированных труб характерны перечисленные выше недостатки для НКТ с силикатно-эмалевым покрытием, также отмечаются отложения в зоне муфтовых соединений, несмотря на применение в конструкции колонны ТЛТ теплоизоляционных втулок из фторопласта.

К промышленному внедрению для предотвращения АСПО на скважинах Хасырейского месторождения можно рекомендовать показавший наиболее высокие результаты метод применения НКТ с внутренним силикатно-эмалевым покрытием.

Применение термоизолированных труб представляется недостаточно обоснованным по причине значительно более высокой стоимости оборудования (в 6,5 раз) в сравнении со стоимостью НКТ с покрытием при близких показателях эффективности.

Для решения вопроса о целесообразности применения метода глубинного дозирования ингибиторов АСПО рекомендуется продолжить опытно-промышленные работы по данному направлению с увеличением количества обрабатываемых скважин и расширением номенклатуры применяемых реагентов.

Одной из основных целей поиска эффективного метода предотвращения АСПО является отказ от применения несовершенного механического способа очистки скребками, как источника возможных осложнений и причин преждевременных ремонтов скважин.

В связи с этим можно рекомендовать продолжение опытно-промышленных работ с целью повышения результативности применяемых методов и дальнейшего увеличения межочистного периода работы скважин с учётом следующих рекомендаций. Для повышения эффективности НКТ с покрытием:

- применять втулки с защитным покрытием для предотвращения отложений в муфтовых соединениях;
- с целью исключения контакта муфт НКТ с обсадной колонной скважины провести испытания центраторов колонны НКТ;
- для подвески колонны труб применять подвесные патрубки с внутренним силикатно-эмалевым покрытием.

Литература

1. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление: в 2 томах: учебное пособие. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2011. – Т. 1–2.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2013–2014. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 т. / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
4. Булатов А.И. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, О.В. Савенок, Р.С. Яремийчук. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
5. Варламов П.С. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.

6. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
7. Савенок О.В., Лаврентьев А.В., Березовский Д.А. Проектирование кислотной обработки пласта: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Управление продуктивностью скважин» для студентов всех форм обучения направления подготовки «Нефтегазовое дело». – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2014. – 86 с.
8. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
9. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
10. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
11. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учебное пособие: в 2 частях. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
12. Обзор патентной и научно-технической литературы и анализ отечественного и зарубежного опыта применения и перспективных разработок методов предотвращения и удаления АСПО: информационный отчёт / ОАО «РосНИПИтермнефть». Руководитель В.М. Строганов. – Краснодар, 2003. – 206 с.
13. Березовский Д.А. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи / Д.А. Березовский, А.В. Лаврентьев, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.
14. Березовский Д.А., Яковлев А.Л., Кусов Г.В. Техника и технология проведения кислотного гидравлического разрыва пласта // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XXI Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке» (16 января 2017 года, г. Харьков). – Х. : научно-информационный центр «Знание», 2017. – Часть 2. – С. 25–40.
15. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин на Средне-Макарихинском месторождении // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 30–38.
16. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В. Мероприятия по борьбе с асфальто-смолопарафиновыми отложениями в добывающих скважинах, оборудованных штанговыми скважинными насосными установками, на Степановском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 53–73.
17. Березовский Д.А., Кусов Г.В. Определение расчётных показателей процесса солянокислотной обработки в скважине № 23 Южно-Шапкинское месторождения // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2 в 2 ч. – Ч. 1. – С. 76–87.
18. Горщарук А.П., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 3. – С. 91–108.
19. Дроздов А.А., Савенок О.В. Анализ результатов солянокислотных обработок призабойной зоны пласта на добывающих скважинах Салюкинского месторождения // Прикладные вопросы точных наук: материалы V Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей (30–31 октября 2021 года, г. Армавир). – Армавир : Армавирский механико-технологический институт, 2021. – С. 129–133.
20. Кардашев С.А., Савенок О.В. Анализ результативности и совершенствование технологий предотвращения отложения парафинов на оборудовании скважин Печоро-Кожвинского нефтегазоконденсатного месторождения // Инновационные технологии в производстве строительных материалов и конструкций: сборник научных трудов Международного симпозиума (27–28 ноября 2020 года, г. Ташкент). – Ташкент : Министерство строительства Республики Узбекистан, Ташкентский архитектурно-строительный институт, 2020. – С. 298–305.
21. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы борьбы с АСПО на месторождениях ООО «РН – Краснодарнефтегаз» на примере Успенского и Горячключевского участков // Строительство и ремонт скважин – 2010: сборник докладов Международной научно-практической конференции (27 сентября–02 октября 2010 года, г. Геленджик). – Краснодар : ООО Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 147–150.
22. Кязимов Ф.К. оглы, Рзаева С.Д. кызы, Тулешева Г.Д. Экспериментальные исследования кислотного воздействия на неоднородные пласты // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2 в 2 ч. – Ч. 1. – С. 210–215.
23. Нешков А.И., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 172–185.
24. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Анализ результатов проведения очистки призабойной зоны солянокислотным раствором на добывающих скважинах Хасырейского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 292–305.

25. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Построение цифровых моделей Хасырейского нефтяного месторождения с целью геологического обоснования его доразведки // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 186–215.
26. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Анализ технологии вскрытия продуктивных пластов и освоения скважин Хасырейского месторождения // Научный потенциал вуза – производству и образованию: сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. (04–05 декабря 2020 года, г. Армавир). – Армавир : Армавирский механико-технологический институт, 2021. – С. 113–126.
27. Савенок О.В., Кусов Г.В. Анализ эффективности применения методов борьбы с АСПО на фонде скважин ООО «РН – Краснодарнефтегаз» // Современные технологии капитального ремонта скважин и повышения нефтеотдачи и пластов. Перспективы развития: сборник докладов 5-й Международной научно-практической конференции (25–29 мая 2010 года, г. Геленджик). – Краснодар: ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 279–282.
28. Савенок О.В., Пономарёв Д.М. Анализ существующих методов борьбы с асфальтосмолапарафиновыми отложениями (АСПО) при добыче нефти // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2011. – № 9. – С. 32–37.
29. Савенок О.В. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения / О.В. Савенок, Л.Г. Кусова // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2018. – № 03 (6). – С. 97–120.
30. Савенок О.В., Кусова Л.Г. Оценка технологической эффективности глинокислотной обработки на горизонтальных добывающих скважинах Приобского месторождения // Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли. Проблемы устойчивого развития территорий: сборник трудов II Международной научно-практической конференции, посвящённой 10-летию Северо-Кавказского федерального университета (09–10 декабря 2021 года, г. Ставрополь). – Ставрополь : ООО «Бюро новостей», 2021. – С. 279–284.

References

1. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydrate formations: prevention and removal: in 2 volumes: textbook. – Krasnodar: Publishing House – South, 2011. – Vol. 1–2.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells»: in 4 volumes: textbook. – Krasnodar : Publishing House – South, 2013–2014. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar: Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I. Scientific foundations and practice of development of oil and gas wells / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremychuk. – Krasnodar: Publishing House – South, 2016. – 576 p.
5. Varlamov P.S. Formation testing equipment for hydrodynamic studies of reservoirs of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Polygraph Plant, 2004. – 620 p.
6. Ladenko A.A. Theoretical foundations for the development of oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2020. – 244 p.
7. Savenok O.V., Lavrentiev A.V., Berezovsky D.A. Designing Acid Treatment of the Reservoir: Methodological Instructions for Practical Classes on the Subject «Well Productivity Management» for Students of All Forms of Education in the Oil and Gas Business. – Krasnodar : Publishing House – South, 2014. – 86 p.
8. Savenok O.V. Oil and gas engineering during well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremychuk. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
9. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
10. Savenok O.V. Ecological aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
11. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: a study guide: in 2 parts. – Ukhta : Ukhta State Technical University Publishing House, 2021.
12. Review of patent and scientific and technical literature and analysis of domestic and foreign experience in the application and promising developments in methods for preventing and removing AS-PO: an information report / RosNIPtermneft OJSC. Head V.M. Stroganov. – Krasnodar, 2003. – 206 p.
13. Berezovsky D.A. Prerequisites and problems of rock modeling from the point of view of establishing the conditions for the onset of factors complicating production / D.A. Berezovsky, A.V. Lavrentiev, O.V. Savenok // Science. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2014. – № 2. – P. 27–33.
14. Berezovsky D.A., Yakovlev A.L., Kusov G.V. Technique and technology for carrying out acid hydraulic fracturing // Collection of articles of the scientific and information center «Knowledge» based on the materials of the XXI International Correspondence Scientific and Practical Confer-

- ence «Development of Science in the XXI century» (January 16, 2017, Kharkov). – H. : Scientific and Information Center «Knowledge», 2017. – Part 2. – P. 25–40.
15. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V. Analysis of the hydrochloric acid treatment of wells at the Sredne-Makarikhinsky field // *Bulatovskie readings*. – 2017. – Vol. 2. – P. 30–38.
 16. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V. Measures to combat asphalt-resin-paraffin deposits in producing wells equipped with suckerrod pumping units at the Stepanovskoye field // *Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin)*. – 2018. – № 2. – P. 53–73.
 17. Berezovsky D.A., Kusov G.V. Determination of calculated indicators of the process of hydrochloric acid treatment in well № 23 of the Yuzhno-Shapkinskoye field // *Bulatovskie readings*. – 2018. – Vol. 2 at 2 pm – Part 1. – P. 76–87.
 18. Gorshcharuk A.P., Savenok O.V. Analysis of the hydrochloric acid treatment of wells of the Vostochno-Sotchemyu-Tallyuskoye field // *Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2021. – № 3. – P. 91–108.
 19. Drozdov A.A., Savenok O.V. Analysis of the results of hydrochloric acid treatments of the bottom-hole formation zone at the production wells of the Salyukinskoye field // *Applied issues of exact sciences: materials of the V International scientific and practical conference of students, graduate students and teachers (October 30–31, 2021, Armavir)*. – Armavir : Armavir Mechanics and Technology Institute, 2021. – P. 129–133.
 20. Kardashev S.A., Savenok O.V. Analysis of the effectiveness and improvement of technologies for preventing paraffin deposition on the equipment of the wells of the Pechoro-Kozhviniskoye oil and gas condensate field // *Innovative technologies in the production of building materials and structures: a collection of scientific papers of the International Symposium (November 27–28, 2020, Tashkent)*. – Tashkent : Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan, Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, 2020. – P. 298–305.
 21. Kusov G.V., Savenok O.V. Methods for combating ARPD at the fields of RN-Krasnodarneftegaz LLC on the example of the Uspensky and Goryacheklyuchevskoye sites // *Construction and repair of wells – 2010: collection of reports of the International scientific and practical conference (September 27–October 02, 2010, Gelendzhik)*. – Krasnodar : LLC Research and Production Company «Nitpo», 2010. – P. 147–150.
 22. Kazimov F.K. oglu, Rzayeva S.D. kyzy, Tulesheva G.D. Experimental studies of acid impact on heterogeneous reservoirs // *Bulatov readings*. – 2018. – Vol. 2 at 2 o'clock – Part 1. – P. 210–215.
 23. Neshkov A.I., Savenok O.V. Analysis of the hydrochloric acid treatment of wells of the Severo-Khosedayuskoye oil field // *Nauka. Technics. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2021. – № 2. – P. 172–185.
 24. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Analysis of the results of bottom-hole zone cleaning with hydrochloric acid solution at producing wells of the Khasyreyskoye field // *Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin)*. – 2021. – № 1. – P. 292–305.
 25. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Construction of digital models of the Khasyre oil field for the purpose of geological substantiation of its additional exploration // *Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin)*. – 2021. – № 2. – P. 186–215.
 26. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Analysis of the technology of penetrating productive layers and developing wells of the Khasyreyskoye field // *Scientific potential of the university – production and education: a collection of articles based on the materials of the III International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory of the Soviet people in the Great Patriotic War of 1941–1945 . (December 04–05, 2020, Armavir)*. – Armavir : Armavir Institute of Mechanics and Technology, 2021. – P. 113–126.
 27. Savenok O.V., Kusov G.V. Analysis of the effectiveness of the application of methods for combating ASPD in the well stock of LLC RN-Krasnodarneftegaz // *Modern technologies for well workover and enhanced oil recovery and reservoirs. Prospects for development: a collection of reports of the 5th International Scientific and Practical Conference (May 25–29, 2010, Gelendzhik)*. – Krasnodar : Scientific and Production Company Nitpo LLC, 2010. – P. 279–282.
 28. Savenok O.V., Ponomarev D.M. Analysis of existing methods of combating asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD) during oil production // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2011. – № 9. – P. 32–37.
 29. Savenok O.V. Oil recovery of the formation and ways of its increase / O.V. Savenok, L.G. Kusova // *Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming*. – 2018. – № 03 (6). – P. 97–120.
 30. Savenok O.V., Kusova L.G. Evaluation of the technological efficiency of clay-acid treatment in horizontal production wells of the Priobskoye field // *Innovative technologies in the oil and gas industry. Problems of sustainable development of territories: a collection of proceedings of the II International Scientific and Practical Conference dedicated to the 10th anniversary of the North Caucasian Federal University (09–10 December 2021, Stavropol)*. – Stavropol : Bureau of News LLC, 2021. – P. 279–284.

УДК 622.276.66

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОВЕДЕНИЯ ГТМ
НА СКВАЖИНАХ ЮЖНО-ТЕРЕКХЕВЕЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
И АНАЛИЗ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ**



**MODELING THE PERFORMANCE OF GEOLOGICAL AND TECHNICAL
MEASURES ON THE WELLS OF THE SOUTH-TEREKHEVEYSKOYE FIELD
AND ANALYSIS OF THEIR EFFECTIVENESS**

Матейчук Леонид Валерьевич

студент направления подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Ухтинский государственный технический университет»
mateichuklv@gmail.com

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается геолого-промысловая характеристика Южно-Терехевейского месторождения. Приведено геологическое строение месторождения и залежей (состояние геолого-физической изученности, стратиграфия, тектоника и нефтегазоносность месторождения), описывается состояние разработки месторождения (основные этапы проектирования разработки месторождения и характеристика текущего состояния разработки месторождения) и выполнено моделирование показателей проведения ГТМ (выбор скважин-кандидатов, описание методики подбора, выбор эффективной ГТМ для реализации математической модели, расчёт параметров при проведении ГРП, а также сравнение и анализ показателей моделирования). По результатам моделирования приведено сравнение основных технологических показателей до и после проведения моделирования ГРП.

Ключевые слова: анализ структуры фонда и показателей эксплуатации скважин; текущее состояние разработки месторождения; моделирование показателей проведения ГТМ; выбор скважин-кандидатов и описание методики подбора; выбор эффективной ГТМ для реализации математической модели; расчёт параметров при проведении ГРП; сравнение и анализ показателей моделирования.

Mateichuk Leonid Valerievich

Student training direction
21.04.01 «Oil and Gas Engineering»
Ukhta state technical university
mateichuklv@gmail.com

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of Development and Operation of Oil
and Gas Fields
and Underground Hydromechanics,
Ukhta State Technical University
olgasavenok@mail.ru

Annotation. The article discusses the geological and commercial characteristics of the South-Terekheveyskoye field. The geological structure of the field and deposits (the state of geological and physical knowledge, stratigraphy, tectonics and oil and gas content of the field) is given, the state of field development is described (the main stages of field development design and the characteristics of the current state of field development) and the modeling of geological and technical measures (selection of candidate wells, description of the selection method, selection of an effective geological and technical measures for the implementation of a mathematical model, calculation of parameters during hydraulic fracturing, as well as comparison and analysis of modeling indicators). Based on the simulation results, a comparison is made of the main technological indicators before and after the hydraulic fracturing simulation.

Keywords: analysis of the well stock structure and performance indicators; current state of field development; modeling of indicators of geological and technical measures; selection of candidate wells and description of the selection method; selection of an effective geological and technical measures for the implementation of a mathematical model; calculation of parameters during hydraulic fracturing; comparison and analysis of modeling indicators.

Состояние геолого-физической изученности

Систематические геологические исследования Печоро-Кожвинского мегавала начались в 50-х годах прошлого столетия. По результатам региональных геофизических исследований лёгкими методами (аэромагнитная съёмка, гравиметрические и электроразведочные работы) получены первые представления о геоло-

гическом строении территории. Проведённые впоследствии сейсморазведочные работы уточнили представление о глубинном строении осадочного чехла данного района.

Южно-Терехевейская структура выявлена сейсморазведочными работами МОГТ в 1984–1985 гг. Последующими сейсморазведочными работами структура подготовлена к бурению по отражающему горизонту III_f₂ (D_{3f}₂), прослеженному вблизи кровли рифогенных отложений позднефранского возраста.

По результатам работ был разработан «Проект параметрического бурения на Южно-Терехевейской площади». Проектом предусматривалось бурение параметрической скважины № 1 Южно-Терехевейская (проектный горизонт – PR, проектная глубина – 4000 м). Фактически скважиной был вскрыт и изучен разрез осадочного чехла до нижнесилурийских отложений. В связи со значительным несоответствием проектного разреза фактическому и сложным техническим состоянием ствола скважины углубление прекращено при забое 3165 м. По результатам опробования и последующего испытания в эксплуатационной колонне открыта залежь нефти, приуроченная к карбонатным отложениям верхнедевонского возраста. При испытании в эксплуатационной колонне из интервала 1653–1656 м получен фонтанный приток лёгкой нефти дебитом 11,1 м³/сут. через 3 мм штуцер. По результатам бурения скважины № 1 произведён оперативный подсчёт запасов по состоянию на 01.01.1991 г. и запасы впервые поставлены на Госбаланс.

После открытия Южно-Терехевейского месторождения был составлен проект поискового бурения, предусматривающий бурение на площади четырёх скважин (скважины №№ 110–113) в пределах рифовой зоны глубиной 1750 м (проектный горизонт – D₃) и одной скважины (скважина № 114) в зоне предполагаемого развития глубоководных фаций (проектная глубина – 2200 м, проектный горизонт – D₃).

В 1991 года с целью уточнения границ распространения рифогенных отложений, морфологии ловушки и контура нефтеносности пробурена поисковая скважина № 110, которая подтвердила наличие в разрезе верхнего девона рифогенного массива, кровля коллекторов вскрыта на абсолютной отметке – 1606,6 м, что гипсометрически ниже установленного по залежи ВНК (– 1571 м). При испытании ИПТ в интервале 1688–1750 м был получен приток пластовой воды. Скважина закончена строительством без спуска эксплуатационной колонны и ликвидирована по пункту I «а».

Согласно проекту, бурение остальных поисковых скважин предусматривалось для выявления локальных осложнений вдоль зоны рифообразования и изучения границ фациального замещения рифогенных отложений вкрест простираения структуры. В 1991–1992 гг. пробурены две поисковые скважины №№ 113 и 114. При испытании в эксплуатационной колонне отложений D_{3f}m₁ из интервала 1594–1603, 1606–1623 м после СКО получен приток нефти дебитом 25 м³/сут. через 5 мм штуцер. В скважине № 114 при опробовании нижнефаменских отложений притока не получено, скважина ликвидирована по пункту I «а».

Таким образом, бурением и испытанием поисковых скважин на месторождении установлен различный тип разрезов: рифогенный в скважине № 1, предрифовый в скважине № 113, глубоководный в скважине № 114.

Стратиграфия

Литолого-стратиграфическая характеристика разреза Южно-Терехевейского месторождения приводится в соответствии с унифицированной схемой стратиграфии ТПП (1995 г.) по результатам изучения керна и данных промыслово-геофизических исследований скважин.

Осадочный чехол в пределах месторождения изучен в объёме палеозойских (силурийская, девонская, каменноугольная, пермская системы), мезозойских (триасовая и юрская системы) и кайнозойских (четвертичная система) отложений. Образования фундамента бурением не вскрыты. Вскрытая толщина осадочного чехла составляет 3165 м (скважина № 1). Древнейшими из вскрытых являются нижнесилурийские осадки.

Палеозойская группа – PZ.

Силурийские отложения (S) в пределах рассматриваемого района представлены в сокращённом стратиграфическом объёме. Определение конодонтов, брахиопод,

остракод однозначно свидетельствуют о присутствии пород только нижнего силура. Отсутствие пород верхнего силура обусловлено длительным неравномерным размывом в предраннедевонское время.

Вскрытый разрез нижнего силура (S_1) представлен известняками светло-серыми, кристаллическими, доломитизированными, трещиноватыми, слабо пиритизированными, плотными, массивными. В керне, отобранном в скважине № 1 в интервале 3163,9–3165,0 м, отмечаются слои песчаника и внедрения диабаз. Песчаник серый с коричневым оттенком, тонкозернистый, горизонтально-слоистый, крепкий, плитчатый, вертикально-микро-трещиноватый. Диабаз зелёно-серый, крупнокристаллический, массивный, плотный, крепкий, с диагональными трещинами. Вскрытая толщина нижнего силура 83 м (скважина № 1).

Отложения девонской системы (D) в пределах месторождения представлены средним и верхним отделами. Толщина отложений девонской системы составляет 2010 м (скважина № 1).

На рубеже раннего и среднего девона произошла активизация тектонических движений в виде восходящих дифференцированных подвижек по разломам фундамента. Во время предсреднедевонского перерыва территория была полностью осушена и представляла собой область денудации. Тектонические подвижки привели к формированию крупных грабенов, в том числе и Печоро-Кожвинского. На территории Мутноматерикового вала этот этап характеризуется продолжительной регрессией, которая сопровождалась глубоким размывом нижележащих отложений.

Эйфельская региональная трансгрессия в кедровское время распространилась и на территорию Мутноматерикового вала.

Образование пород среднего отдела (D_2) происходило в обстановке континентального и прибрежно-морского осадконакопления, при котором шло интенсивное накопление мощных толщ пресноводных аллювиально-эстуариевых комплексов. Условия формирования песчаных тел и масштабы песчаной седиментации в условиях континентального побережья были очень изменчивы, поскольку зависели от многих факторов (морфологии и типа побережья, количества и состава приносимого с континента обломочного материала, конфигурации берегового склона и т.д.).

Согласно разрезу, вскрытому скважиной № 1, в составе среднего отдела (D_2) выделяются осадки эйфельского и живетского ярусов. Мощные песчаные пачки эйфельского яруса залегают непосредственно на карбонатных отложениях нижнего силура. Наличие косой слоистости и каолинитового цемента позволяет предполагать, что скважина № 1 находилась в зоне практически непрерывного аллювиального осадконакопления.

Отложения эйфельского яруса (D_{2ef}) толщиной 187 м представлены ритмичным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. Песчаники серые со слабым коричневым оттенком, крепкие, мелкозернистые.

Резкая активизация дифференцированных тектонических движений сопровождалась интенсивным проявлением диабазово-базальтового магматизма. В скважине № 1 на глубине 3004–3029 м вскрыт габбро-диабаз тёмный, зелёно-серый, среднекристаллический.

Живетский ярус (D_{2zv}) толщиной 132 м сложен переслаиванием песчаников и маломощных глинисто-алевритистых пачек. Песчаники серые, коричневатые, мелко-среднезернистые, кварцевые, хорошо сортированные, с косой гранулярной слоистостью, с глинистым, гидрослюдистым и каолинитовым цементом базально-порового типа.

Верхнедевонские (D_3) образования представлены в объёме франского и фаменского ярусов.

В составе франского яруса (D_{3f}) выделены осадки нижнего, среднего и верхнего подъярусов.

Начало франского периода на территории Тимано-Печорской провинции сопровождалось масштабной трансгрессией морского бассейна и установлением глубоководных условий осадконакопления. Начиная с доманиковского времени на территории сформировались условия, благоприятные для роста рифов. Последние были приурочены к борту Печоро-Кожвинского прогиба, где они образовали протяжённый барьерный комплекс уже к середине позднего франна.

Из осадков нижнефранского подъяруса (D_{3f_1}) на территории присутствуют отложения яранского, джьерского и тиманского горизонтов толщиной 628 м.

Доманиковый горизонт (D_{3dm}) толщиной до 87 м уверенно выделяется на диаграммах каротажа (высокие значения КС) и является региональным репером. Типичными породами горизонта являются битуминозные известняки. Известняки от светло-коричневых до чёрных, тонкозернистые, обломочные, реже органогенно-обломочные и водорослевые, сгустково-комковатые, доломитизированные и сульфатизированные, крепкие, плотные, участками пористые, иногда инкрустированные.

Нерасчленённые верхнефранские отложения (D_{3f_3}) толщиной 52–322 м представлены в объёме евлановского и ливенского горизонтов (по местной нефтепромышленной номенклатуре – ухтинская свита).

Позднефранское время характеризуется цикличностью относительного уровня моря. Этапы трансгрессии морского бассейна фиксировались в разрезе очередным циклом рифообразования, этапы регрессии – прекращением роста рифовых построек и формированием толщ заполнения. На территории в этот период существовал единый барьерный риф, который возобновлял свой рост на этапе каждого трансгрессивного цикла.

В центральной части лицензионного участка разрез представлен карбонатной рифогенной толщей барьерного типа. Доломиты светло-коричневые, участками светло-серые и голубовато-светло-серые, разномзернистые, реликтово-органогенные, неравномерно пористо-кавернозные, крепкие, неслоистые, сульфатизированные. Отмечаются прослои известняков органогенных и обломочных.

К востоку отложения представлены депрессионными доманикоидными осадками (скважина № 114). По описанию керна неравномерное переслаивание известняков серых, тёмно-серых, кристаллических, реже обломочных, прослоями битуминозных, неравномерно алевритистых и глинистых, мергелей зеленовато-серых, известковистых, участками алевритистых, тонкоплитчатых и аргиллитов тёмно-серых, слюдистых, листоватых.

Активный рост биогермных построек закончился в конце евлановско-ливенского времени в результате масштабного падения уровня моря, которое привело к частичному размыву органогенных построек и формированию толщи заполнения.

Отложения фаменского яруса (D_{3fm}) представлены в объёме нижнего, среднего и верхнего подъярусов.

В разрезе нижнефаменского подъяруса (D_{3fm_1}) выделены задонские и елецкие образования.

В объёме задонского горизонта (D_{3zd}) на Южно-Терехевейском месторождении выделены (снизу-вверх): пласты Φ_{0zd} , Φ_0 и репер «Г».

Пласт Φ_{0zd} представлен породами различных фаций – глубоководных, рифовых, шельфовых. В центральной части Южно-Терехевейского лицензионного участка над верхнефранской рифогенной постройкой в задонское время продолжалось формирование рифогенной толщи, сложенной доломитами серыми, участками бурыми, разномзернистыми, крепкими, неравномерно пористо-кавернозными, сульфатизированными, трещиноватыми, узорчатыми, с реликтовыми участками и прослоями известняков сгустково-комковатых и мелкообломочных.

К востоку (район скважины № 114) отложения представлены депрессионными фациями (глинисто-мергелистые образования).

Ранее пласт Φ_0 и репер «Г» относились к елецкому горизонту. Стратиграфический объём задонского горизонта увеличен в свете новых данных.

Разрез пласта Φ_0 представлен известняками. По керновым данным коллекторами являются известняки сферово-сгустковые, сферово-сгустково-комковатые и сферово-сгустково-обломочные в разной степени доломитизированные.

Пласты Φ_0 и Φ_{0zd} на месторождении промышленно нефтеносны. Верхняя часть разреза задонского горизонта (репер «Г») сложена глинисто-мергелистыми осадками. По описанию керна скважины № 1П (долбление 1) порода представлена тонким субгоризонтальным, слабоволнистым и слабонаклонным переслаиванием аргиллитов известковистых и известняков в разной степени глинистых. Толщина слоев 1–2 мм до 3 см, редко 5 см. Глинистые прослойки более тонкие (1 см), известняковые – от 2 до 4–5 см, иногда с пережимами. Переходы между ними через мергели.

Скважинами вскрыты толщины задонского горизонта от 44 м (скважина № 121Г) до 451 м (скважина № 114) в депрессионной части.

Елецкий горизонт (D_3el) толщиной до 312 м представлен чередованием известняков (пласты $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$) и глинисто-карбонатных отложений. Осадконакопление в это время сопровождалось накоплением органогенно-обломочных карбонатов шельфового мелководья. Регрессивные фазы выразились формированием более глинистых межпластовых пачек.

Пласты Φ_1 – Φ_4 сложены известняками серыми, органогенно-обломочными, участками водорослевыми, пятнисто-доломитизированными.

Среди пород межпластовых пачек преобладают известняки серые, от пелитоморфных до мелкозернистых, плотных, прочных, неравномерно перекристаллизованных. Отмечаются прослои вторичных доломитов и мергелей, переходящих в аргиллиты.

Разрез среднефаменского подъяруса (D_3fm_2) представлен известняками коричнево-светло-серыми, тонкозернистыми, неравномерно глинистыми, прослоями обломочными и сгустково-комковатыми, пятнисто-доломитизированными, сульфатизированными, средней толщиной 167 м. В породе отмечаются прослои доломитов коричнево-серых, выщелоченных, мелкозернистых с гнездами ангидрита и редкие прослои мергелей.

В карбонатной толще подъяруса по литологическим особенностям и каротажной характеристике выделяются снизу-вверх: пачки I, II и III.

Верхнефаменский подъярус (D_3fm_3) выделен в объеме карбонатных отложений пачки IV средней толщиной 13 м. Известняки серо-коричневые, тонкозернистые, неравномерно глинистые. На электрокаротажных диаграммах пачка IV характеризуется высокими кажущимися сопротивлениями, отрицательными аномалиями ПС и низкими значениями ГК.

На территории присутствуют осадки трёх отделов каменноугольной системы (С). По результатам исследования керна и органических остатков в разрезе установлены перерывы в осадконакоплении – отсутствуют отложения турнейского и серпуховского ярусов.

Нижнекаменноугольные отложения (C_1) толщиной в среднем 130 м с размывом залегают на верхнедевонских образованиях и выделены в объеме визейского яруса (C_1v). В нижней части разрез сложен терригенными отложениями толщиной 5–30 м, выше – карбонатной толщей доломитизированных известняков и доломитов с подчинёнными прослоями известняков, иногда мелкокавернозных и сульфатизированных.

Тектоника

Южно-Терехевейское нефтяное месторождение по тектоническому районированию приурочено к одноименной структуре (рис. 1), которая расположена в южной части Мутноматерикового вала, являющегося тектоническим элементом II порядка в пределах Печоро-Кожвинского мегавала (элемент I порядка).

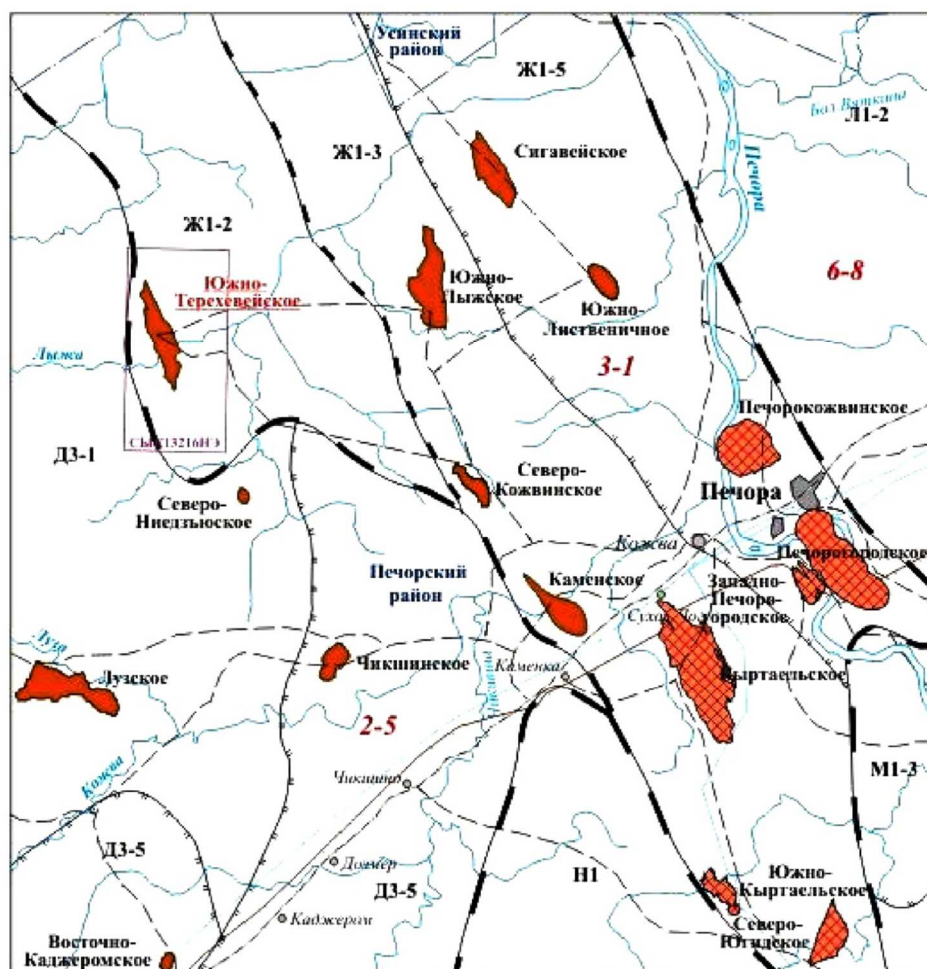
С востока Мутноматериковый вал ограничен Лыжско-Кыртаельским валом, выделяемым в составе Печоро-Кожвинского мегавала, с запада, по системе тектонических нарушений Припечорской системы разломов, граничит с Лузской ступенью (элемент II порядка) Омра-Лыжской седловины (элемент I порядка) Ижма-Печорской синеклизы. В южной части Мутноматериковый вал граничит с Ронаельской ступенью, элементом II порядка Омра-Лыжской седловины. Валы и прилегающие ступени имеют различное строение, что обусловлено особенностями их тектонического развития на протяжении всей протерозойской и фанерозойской истории.

Тектоническое строение проектируемой территории установлено по разрезам глубоких скважин, пробуренных на нефть и газ; сейсмическим профилям МОВ, МОГТ; материалам гравимагниторазведки, геологических съёмок.

По поверхности фундамента Печоро-Кожвинский мегавал не выражен. Здесь вырисовывается система узких блоков, ограниченных разломами, зонами дробления и имеющих общий наклон на восток и юго-восток. Глубины до поверхности фундамента по сейсмическим данным изменяются в пределах 3,0–8,0 км. Разломы, ограничивающие мегавал, имеют древнее заложение, интродуцированы породами основного и ультраосновного состава и чётко фиксируются всеми геофизическими методами.

В геологическом строении мегавала принимают участие палеозойские и мезозойские отложения. Из наиболее древних палеозойских отложений бурением вскрыты пока силурийские (Южно-Терехевейская площадь).

Печоро-Кожвинский мегавал претерпел сложную историю геологического развития. В раннем палеозое и девоне ему отвечала область интенсивного компенсированного прогибания с накоплением мощной толщи осадков. Прогиб, возникший как шовная структура на месте крупных глубинных разломов, наибольшего развития достиг в девоне. В визейско-артинский этап произошла инверсия тектонических движений. Интенсивное прогибание сменилось восходящими движениями, прерываемыми кратковременными погружениями отдельных блоков; сформировалось валобразное сооружение в очертаниях, близких к современным. Окончательное формирование мегавала, как положительной структуры, завершилось в послемезозойское время, при этом существенную роль имели неотектонические движения.



НЕФТЕГАЗОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

- 2 Ижма-Печорская НГО
- 2-5 Верхнелыжско-Лемьковский НГР
- 3 Печоро-Кожвинская НГО
- 3-1 Кыртаельско-Печорогородский НГР
- 6 Северо-Предуральская НГО
- 6-8 Большесывинский НГР

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

- Д Ижма-Печорская синеклиза
- Д-3 Омра-Лыжская седловина
- ДЗ-1 Лузская ступень
- ДЗ-5 Мичаю-Пашинский вал
- Ж Печоро-Кожвинский авлакоген
- Ж-1 Печоро-Кожвинский мегавал
- Ж-2 Мутноматериковый вал
- Ж1-3 Лыжско-Кыртаельский вал
- Ж1-5 Печорогородская ступень
- Предуральский краевой прогиб**
- Л-1 Большесывинская впадина
- Л1-2 Вяткинская депрессия
- М-1 Среднепечорское поперечное поднятие
- М1-3 Даниловская депрессия
- Н-1 Верхнепечорская впадина

- Границы тектонических элементов
- напорядковых тектонических элементов
- 1 порядка
- 2 порядка
- границы административных районов
- нефтепровод
- газопровод
- железная дорога
- автомобильная дорога
- Месторождения**
- нефтяные
- нефтегазоконденсатные
- населенные пункты
- граница лицензионного участка

Рисунок 1 – Обзорная карта

Западным ограничением Печоро-Кожвинский мегавала является Припечорский глубинный разлом типа взброса (в верхах разреза – взбросо-надвига), по которому верхнедевонские отложения Печоро-Кожвинского мегавала «стыкуются» с мезозойскими отложениями Верхнепечорской и Ижма-Печорской впадин. В сводовой части мегавала верхнедевонские и каменноугольные отложения выходят на поверхность.

Специалисты относят Припечорский разлом по характеру его проявления к группе разрывных нарушений прерывисто-непрерывного типа развития, активных в течение всего плаформенного этапа существования Тимано-Печорской платформы.

На протяжении раннего и среднего палеозоя, когда в пределах Тимано-Печорской провинции преобладали процессы растяжения, Припечорский разлом существовал как система сбросов, вдоль которых формировались узкие протяжённые грабены. В среднем девоне отрицательные движения сопровождались вулканической активностью, и разлом служил каналом для проникновения мантийного вещества в осадочный чехол. В скважине № 1 Южно-Терехевейского месторождения зафиксирована интрузия габбро-диабазов в интервале 3004–3029 м (D_{2ef}).

Активное формирование сбросовых структур длилось, вероятно, до конца франского времени. Отрицательные движения продолжались с разной интенсивностью до начала каменноугольного периода, первая фаза крупного инверсионного цикла приурочена к раннему визею.

Тектоническая (инверсионная) перестройка структурного плана началась в каменноугольном периоде. К началу артинского времени Печоро-Кожвинский мегавал уже сформировался как положительная структура. В то же время структуры второго порядка, такие как Мутноматериковый вал, были ещё слабо выражены. Основной этап формирования этих структур приурочен к артинскому периоду – пику активности инверсионных движений. К средне-позднетриасовой эпохе приурочен ещё один этап восходящих тектонических движений, которые привели к окончательному формированию современного структурного плана данного района. Многочисленные размывы в период положительных тектонических движений привели к эрозионному срезанию 100–1300 м доартинских отложений в своде Мутнома-терикового вала. Инверсионные движения происходили по тем же самым разломам, которые заложились ещё в раннем палеозое. Сбросы были в разной степени инвертированы во взбросы.

Особенностью строения наддоманиковых отложений Южно-Терехевейской площади является наличие в их разрезе разнотипных карбонатных органогенных построек.

Сейсморазведочными работами МОГТ-2D в разрезе наддоманиковых франских отложений Южно-Терехевейской площади по аномалиям сейсмической записи на временных разрезах был закартирован барьерный риф, являющийся продолжением на север Аресско-Сомчемьюской зоны рифов. Южно-Терехевейская структура была подготовлена к глубокому бурению по ОГ III f_2 (D_{3f_2}) и детализирована работами МОГТ-3D после открытия и начала разработки одноимённого нефтяного месторождения.

Литологическая характеристика отложений по керну и данные ГИС позволяют утверждать, что на Южно-Терехевейской площади в разрезе верхнедевонских отложений вскрыта рифовая постройка, которую можно отнести к постройкам сложного типа. По аномалиям сейсмической записи ширина рифовой зоны в основании составляет 1,5–2,5 км. От Южно-Терехевейской площади барьерный риф протягивается на север вдоль западного склона Мутноматерикового вала.

Нефтегазоносность месторождения

Согласно схеме нефтегазогеологического районирования Тимано-Печорской провинции Южно-Терехевейское месторождение расположено в пределах Мутноматериково-Лебединского нефтегазоносного района Печоро-Колвинской нефтегазоносной области.

Нефтегазоносность Мутноматерикового вала Печоро-Кожвинского мегавала изучена слабо, однако на сопредельных площадях Лыжско-Кыртаельского вала и Ижма-Печорской впадины к настоящему времени выявлены залежи нефти в широком стратиграфическом диапазоне от верхнепермских до среднедевонских. Здесь открыт целый ряд месторождений: Южно-Лыжское, Северо-Кожвинское, Северо-Ниедзьюское, Сига-вейское, Лузское, Чикшинское и т.д.

Залежи нефти приурочены к различным типам ловушек – структурному, рифогенному, литологическому, литолого-стратиграфическому. Месторождения, как правило, многопластовые, со сложным строением пустотного пространства природных резервуаров.

На Южно-Терехевейском месторождении нефтегазоносность связана с доманиково-турнейским нефтегазоносным комплексом (НГК). Отложения данного комплекса повсеместно развиты на территории Печоро-Кожвинского мегавала и сопредельных площадях Ижма-Печорской впадины. Распределение зон нефтенакпления в верхнедевонских карбонатных отложениях определяется, главным образом, характером распространения рифовых построек того или иного типа, которые совместно с надрифовыми пластами являются основными природными резервуарами, формируя комбинированные антиклинально-рифовые и надрифовые ловушки. Коллекторы установлены как в самих телах рифов, так и в перекрывающих их шельфовых толщах. Промышленные запасы нефти разведаны и находятся в разработке на Турышевском, Западно-Аресском, Северо-Аресском, Аресском, Восточно-Сотчемью-Талыйюском, Северо-Ниедзьюском, Западно-Тэбукском, Сотчемьюском и других месторождениях. Коллекторами являются известняки и их доломитизированные разности со сложной структурой порового пространства, в строении которого участвуют поры, каверны и трещины в различном сочетании. Залежи нефти массивные, пластово-массивные, пластовые, зачастую литологически экранированные.

Промышленная нефтегазоносность Южно-Терехевейского месторождения установлена скважиной № 1 в 1989 году. К настоящему времени на Южно-Терехевейском месторождении в промышленной эксплуатации находятся две залежи нефти, приуроченные к пластам Φ_{0zd} и Φ_0 задонского возраста.

Залежь нефти пласта Φ_{0zd}

По состоянию на 01.01.2014 г. отложения пласта Φ_{0zd} вскрыли 24 скважины, из которых 2 (скважины №№ 113 и 114) оказались за пределами контура нефтеносности залежи. Кровля продуктивных отложений скважинами установлена на абсолютных отметках от – 1457 м в скважине № 1П до – 1556 м в скважине № 130, средняя глубина залегания кровли продуктивного пласта Φ_{0zd} – 1600 м (абсолютная отметка – 1514 м).

Коллекторами являются доломиты. Тип коллектора смешанный – каверново-поровый, трещинно-каверново-поровый.

ВНК принят на абсолютной отметке – 1571 м по данным ГИС и опробования. Только 2 скважины (скважины №№ 1 и 1П) вскрыли ВНК. В скважине № 1 по материалам ГИС подошва нижнего нефтенасыщенного пропластка находится на абсолютной отметке – 1570,9 м, кровля водонасыщенного коллектора – 1574,1 м. При опробовании этой скважины в перфорированной колонне из интервала в абсолютной отметке – 1568–1571 м получен приток нефти 11,1 м³/сут. на штуцере диаметром 3 мм; из интервала глубин на абсолютной отметке – 1575–1579 м получен приток минерализованной воды с плёнкой нефти дебитом 188,5 м³/сут. В скважине № 1П подошва нижнего нефтенасыщенного пропластка находится на абсолютной отметке – 1567,3 м, кровля водонасыщенного коллектора – 1577,9 м. Из интервала 1628–1641 м (абсолютная отметка – 1542–1555 м) после СКО получен фонтанный приток нефти дебитом 286,8 м³/сут. на штуцере диаметром 12,7 мм.

В скважине № 1 эффективная нефтенасыщенная толщина составляет 61,8 м, в скважине № 1П – 63 м. По ГИС в скважинах №№ 1 и 1П выделено от 32 до 37 прослоев нефтенасыщенных карбонатов (среднее значение – 34,5), доля которых в разрезе пласта составляет 55 %.

Остальные скважины вскрыли продуктивные отложения не в полном объёме, эффективная нефтенасыщенная толщина в них изменяется от 1,7 м (скважина № 132) до 71,3 м (скважина № 101/2), количество нефтенасыщенных прослоев – 14.

Залежь классифицируется как массивная сводовая, в пределах контура нефтеносности имеет размеры 7,65×0,4–1,0 км, высоту – 114 м, площадь нефтеносности – 5540 тыс. м², средневзвешенную по площади нефтенасыщенную толщину – 20,6 м.

В контуре нефтеносности залежи находятся 28 скважин (скважины №№ 1, 1П, 101/2, 102, 102/2, 103, 105/2, 107–109, 111, 113, 115–120, 121Г, 122, 123, 124Г, 125Г, 126, 130–132 и 260). Все скважины пробурены в нефтяной зоне.

В скважине № 110 установлен водонасыщенный коллектор. В скважинах №№ 100, 101, 104, 105, 106 и 114 коллекторов по данным ГИС не выделено, в связи с чем на востоке и западе протрассирована линия замещения коллекторов плотными непроницаемыми разностями.

Залежь имеет северо-северо-западное простирание. Свод залежи оконтуривается замкнутой изогипсой – 1500 м. Продуктивные отложения представлены известняками. Тип коллектора – поровый, каверново-поровый.

ВНК залежи пласта Ф0 по данным ГИС не установлен. Подошва гипсометрически наиболее низкого нефтенасыщенного коллектора скважинами вскрыта на абсолютной отметке – 1565 м (скважина № 119), кровля наиболее высокого водонасыщенного коллектора – на абсолютной отметке – 1607 м (скважина № 110), что близко к принятому ВНК по залежи пласта Ф0zd. Исходя из этого, на данной стадии изученности уровень нефтеносности по залежи пласта Ф0 принят на такой же абсолютной отметке, что и ВНК залежи пласта Ф0zd – 1571 м.

Эффективная нефтенасыщенная толщина в скважинах, вскрывших полный разрез отложений пласта Ф0, изменяется от 0,8 м (скважина № 102/2) до 10,8 м (скважина № 113). Максимальное значение нефтенасыщенной толщины (11,7 м) установлено в скважине № 117, которая подошву пласта Ф0 не вскрыла, однако, учитывая опыт бурения, можно предположить, что проницаемые отложения в ней вскрыты полностью. По ГИС выделено от 1 до 7 прослоев нефтенасыщенных карбонатов, которые в разрезе пласта занимают 17 %.

Залежь характеризуется как пластовая сводовая, литологически ограниченная. Размеры залежи по внешнему контуру нефтеносности составляют 11,3x0,35–2,3 км, высота – 139 м, площадь нефтеносности – 15018 тыс. м², средневзвешенная по площади нефтенасыщенная толщина – 5,3 м.

Основные этапы проектирования разработки месторождения

Месторождение открыто в 1990 году, в опытной эксплуатации с 1999 года, в промышленную разработку введено в 2002 году.

За прошедший период было составлено три проектных технологических документа на разработку месторождения:

1) «Технологическая схема опытно-промышленной разработки Южно-Терехевейского нефтяного месторождения», утверждена сроком на 5 лет (институт «ПечорНИПИнефть»);

2) «Авторский надзор за реализацией технологической схемы опытно-промышленной разработки Южно-Терехевейского месторождения», утверждён на период 2006–2007 гг. (филиал ООО «ЛУКОЙЛ – Коми» «ПечорНИПИнефть»);

3) «Технологическая схема разработки Южно-Терехевейского нефтяного месторождения» (филиал ООО «ЛУКОЙЛ – Коми» «ПечорНИПИнефть») принята со следующими основными положениями:

- выделение в разрезе месторождения двух объектов разработки: НЭО (пласт Ф0zd) и ВЭО (пласт Ф0);
- фонд скважин всего 28, в т.ч. добывающих – 22 и нагнетательных – 6;
- фонд скважин для бурения 14, в т.ч. добывающих – 9, нагнетательных – 5;
- с 2010 года использование нефтяного газа – 95 % в год.

Таблица 1 – Максимальные уровни

	Ф0zd	Ф0
Добычи нефти, тыс. тонн	183,3	93,6
Добычи жидкости, тыс. тонн	847,6	121,4
Закачки воды, тыс. м ³	544,5	166,5

По нижнему эксплуатационному объекту (Ф0zd):

- система воздействия – закачка воды под ВНК в центре залежи;
- фонд скважин для бурения – 2, из них 1 горизонтальная;

- зарезка 7 боковых стволов;
- фонд скважин всего 13, из них 12 добывающих и 1 нагнетательная;
- достижение КИН 0,450.

По верхнему эксплуатационному объекту (Φ_0):

- разработку объекта осуществлять при искусственном поддержании пластового давления путём внутриконтурной закачки воды;
- фонд скважин всего 15, в т.ч. добывающих – 10, нагнетательных – 5;
- фонд скважин для бурения – 12, из них 7 добывающих горизонтальных и 5 нагнетательных скважин;
- достижение КИН 0,364.

Анализ структуры фонда и показателей эксплуатации скважин

По состоянию на 01.01.2014 г. на балансе предприятия находятся 33 скважины. Действующий фонд добывающих скважин равен 26, из них 22 скважины оборудованы ЭЦН и 4 скважины – установками ШГН. В простаивающем фонде находится две скважины, из них 1 – в бездействии, 1 – числится в освоении.

В действующем нагнетательном фонде числятся 4 скважины, 1 находится в бездействии.

Распределение пробуренного фонда по участию в добыче и закачке по объектам за весь период разработки показано в таблице 2, при этом скважины, одновременно или поочерёдно эксплуатировавшие два объекта, учтены по каждому из них.

Таблица 2 – Распределение пробуренного фонда

Объект	Добывающие	Нагнетательные	Всего
Φ_{0zd}	20	1	21
Φ_0	14	4	18
Всего	28	5	33

Три добывающие скважины НЭО (скважины №№ 107, 115 и 131) после обводнения переведены на верхний объект (скважины №№ 107 и 131 – в добычу, скважина № 115 – под закачку). Скважина № 119 введена из бездействующего добывающего фонда ВЭО под закачку на этот же объект для усиления системы ППД.

Сведения о простаивающем фонде скважин с причинами простоев приведены в таблице 3.

Текущее состояние разработки месторождения

Месторождение находится в эксплуатации с 1999 года. С начала разработки из залежей месторождения отобрали 2243 тыс. тонн нефти и 8106 тыс. тонн жидкости. Использование извлекаемых запасов категории С1 составляет 46 % при среднегодовой обводнённости продукции 80,4 %. Текущий КИН – 0,193 при проектном 0,416.

В период с 2003–2007 гг. на месторождении наблюдался рост добычи нефти, что связано с активным разбуриванием месторождения. В 2008 году месторождение вышло на максимальный уровень добычи нефти – 245,3 тыс. тонн. С 2009 года наблюдается снижение годовых отборов нефти из-за прекращения бурения. В 2011 году на месторождении возобновили бурение (введено 8 добывающих скважин), что позволило нарастить объёмы добычи нефти.

График разработки Южно-Терхевейского месторождения показан на рисунке 2. Как видно из графика разработки месторождения, с 2008 года отмечается стабилизация обводнённости продукции скважин на уровне 80 %, что обусловлено вводом новых скважин из бурения, проведением РИР по скважинам НЭО, а также переводом части обводнившихся скважин НЭО на вышележащий объект.

В 2013 году добыча нефти по месторождению составила 158,0 тыс. тонн, что на 17,8 тыс. тонн или на 10 % меньше, чем в 2012 году. Темпы отбора составляют 3,3 % от НИЗ и 5,8 % от ТИЗ. Жидкости отобрано 805,3 тыс. тонн, что на 49,7 тыс. тонн или на 6 % меньше, чем в прошлом году.

Среднегодовой дебит нефти одной скважины в 2013 году по месторождению равен 17,2 тонн/сут., изменяясь по скважинам в широком диапазоне от 2,1 тонн/сут. (скважина № 101) до 71,2 тонн/сут. (скважина № 108), жидкости – 87,6 тонн/сут., варьируя от 5,0 тонн/сут. (скважина № 125Г) до 393,9 тонн/сут. (скважина № 100). Среднегодовая обводнённость продукции составила 80,4 %.

Таблица 3 – Сведения о простирающем фонде скважин

№№ п/п	Скважина	Дата ввода из бурения	Дата остановки	Категория простоя	Причина простоя скважины	Режим на дату остановки			
						дебит		обводнённость, %	$Q_{зак}$, м ³ /сут.
						нефти, тонн/сут.	жидкости, м ³ /сут.		
Добывающий фонд									
1	103	13.06.2005	07.01.2012	бездействие	нерентабельная (высоко обводнённая)	1,3	95,8	98,3	–
Нагнетательный фонд									
2	126н	16.10.2012	27.08.2013	бездействие	ОКРС, восстановление приёмистости	–	–	–	45,0

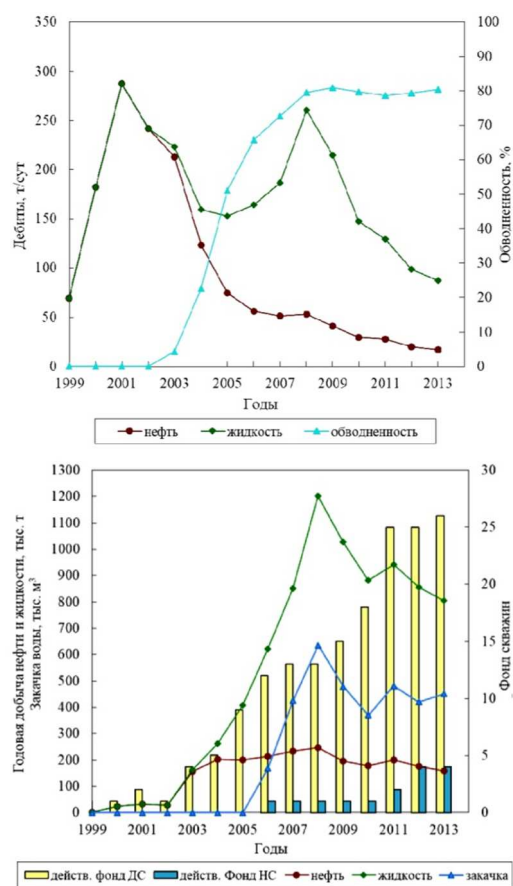


Рисунок 2 – График разработки Южно-Терехвейского месторождения

Закачка воды на месторождении организована с 2006 года. В качестве рабочего агента используется подтоварная вода с ДНС «Южный Терехвей».

За прошедший период в пласты месторождения закачано 3429 тыс. м³ рабочего агента. Объёмы закачиваемой воды в 2013 году выросли на 7,4 % по сравнению с предыдущим годом и составили 451 тыс. м³.

В разработке месторождения участвовало 32 скважины, добыча нефти осуществлялась из 29 скважин. Под закачкой перебивалось 5 скважин, из которых 2 переведены из добывающего фонда. Распределение накопленной добычи нефти по скважинам, из которых осуществлялись отборы, представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Распределение накопленной добычи по скважинам

Диапазон изменения накопленной добычи нефти, тыс. тонн	Количество скважин
до 10	6
10–20	4
20–50	7
50–100	4
100–200	5
свыше 200	3

Средний отбор, приходящийся на 1 добывающую скважину, равен 77,3 тыс. тонн, при этом 41 % скважин, перебивавших в эксплуатации, отобрали от 50 до 350 тыс. тонн нефти. Максимальный отбор 342 тыс. тонн или 15,2 % от накопленной добычи нефти получен из скважины № 1-П, которая находится в работе с апреля 1999 года.

Моделирование показателей проведения ГТМ.

Выбор скважинкандидатов и описание методики подбора

При выборе скважин-кандидатов для проведения ГТМ в первую очередь определимся с выбором объекта месторождения, для этого проанализируем геолого-физическую характеристику продуктивных залежей:

- 1) объект Φ_0zd обладает большей средневзвешенной по площади нефтенасыщенной толщиной по сравнению с залежью Φ_0 ;
- 2) проницаемость по керну и ГДИ является преимуществом залежи Φ_0 ;
- 3) по состоянию текущих извлекаемых запасов объект Φ_0zd обладает явным преимуществом;
- 4) остальные показатели ГФХ совпадают, либо отличаются на незначительные величины.

Из двух основных залежей исследуемого месторождения выбираем для проведения ГТМ залежь Φ_0zd ввиду её фактического преимущества по потенциальному извлечению дополнительных объёмов углеводородов.

Для анализа проведения моделирования того или иного ГТМ выберем 2 скважины-кандидата из фонда залежи Φ_0zd для сравнения основных показателей.

При выборе скважин-кандидатов будем уделять особое внимание техническому состоянию скважины, качеству цементажу, записи профиля притока, а также темпам отборам, прогрессии по обводнённости, добыче жидкости и нефти.

В результате анализа имеющейся информации выбираем скважины №№ 130 и 132 ввиду отрицательной тенденции по добыче нефти и положительной тенденции по обводнённости (рис. 3 и 4), по техническому состоянию претензий к скважинам-кандидатам не возникает.

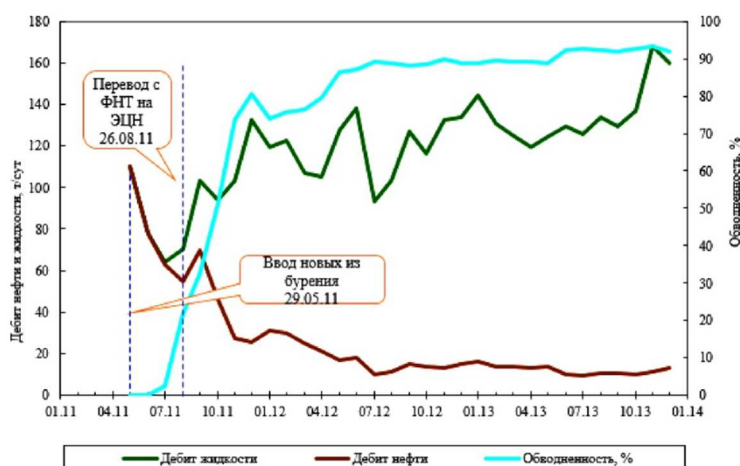


Рисунок 3 – Динамика показателей работы скважины № 130

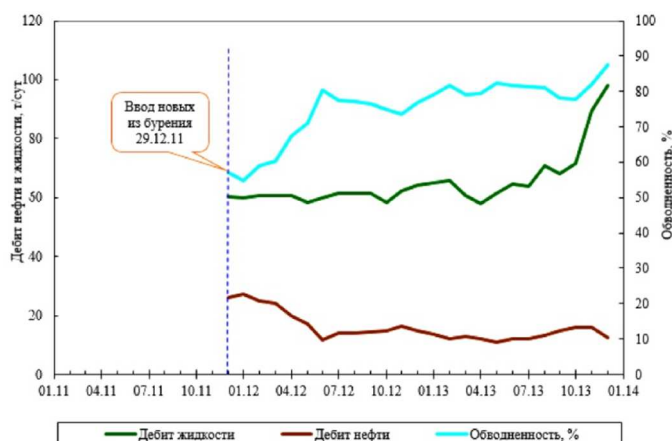


Рисунок 4 – Динамика показателей работы скважины № 132

Выбор эффективного ГТМ для реализации математической модели

Пласты, вскрываемые скважинами-кандидатами, имеют высокую мощность. Анализируя геомеханические характеристики пласта, можно предложить в виде ГТМ кислотную обработку, гидравлический разрыв пласта или их комбинацию. На обеих скважинах наблюдается снижение дебита от года в год, что можно объяснить изменением скин-фактора. Для вовлечения недренируемых пропластков и участков нефтесодержащей породы отлично подойдёт ГРП. Учитывая тип коллектора (карбонатный, трещинно-каверно-поровый), выбираем в качестве ГТМ одностадийный гидравлический разрыв пласта для каждой из скважин-кандидатов.

Расчёт параметров при проведении ГРП

Необходимо рассчитать следующие технологические параметры и показатели:

- давление гидроразрыва $p_{грп}$;
- потери давления на трение $p_{тр}$;
- проницаемость дренажной системы $K_{дс}$;
- радиус горизонтальной трещины $r_{тр}$;
- дебит скважины после проведения ГРП Q_2 ;
- эффективность ГРП по формуле Г.К. Максимовича n .

Исходные данные по скважинам-кандидатам приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Основные исходные данные для расчёта ГРП

Показатель	Скважина	
	№ 130	№ 132
Средняя плотность пород над продуктивным пластом $\rho п$, кг/м ³	2500	2500
Глубина H , м	1700	2000
Темп закачки жидкости гидроразрыва Q_p , м ³ /с	0,015	0,015
Время закачки t , с	7,2	7,2
Эффективная толщина пласта h , м	8,2	5,9
Вязкость жидкости разрыва μ , мПа · с	0,12	0,12
Средняя проницаемость пласта k , мкм ²	0,079	0,079
Внутренний диаметр обсадных труб $D_{вн}$, м	0,144	0,144
Наружный диаметр труб $D_{нар}$, м	0,173	0,173
Контур питания R_k , м	250	250
Радиус забоя скважины $r_{скв}$, м	0,075	0,075
Плотность нефти $\rho н$, кг/м ³	782	782
Депрессия на забое Δp , МПа	0,2	3,6
Количество песка $G_{песка}$, кг	8000	8000
Коэффициент упругости E , МПа	0,0004	0,0004
Предел текучести стали $\sigma_{тек}$, МПа	650	650
Коэффициент Пуассона ν	0,3	0,3

Ниже приведены основные расчётные показатели ГРП.

1. Определяем вертикальное горное давление:

$$p_{\text{гор}}^{\text{верт}} = \rho_{\text{п}} \cdot g \cdot H, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{п}}$ – средняя плотность пород над продуктивным пластом, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – глубина, м.

2. Расчёт давления гидроразрыва пласта:

$$p_{\text{ГРП}} = p_{\text{гор}}^{\text{верт}} - p_{\text{пл}} + \sigma_{\text{р}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{р}}$ – предел прочности песчаника на разрыв (принимаем $\sigma_{\text{р}} = 2$ МПа); $p_{\text{пл}}$ – пластовое давление, МПа.

Есть два пути проведения ГРП: через эксплуатационную колонну и через колонну НКТ.

3. Расчёт рабочего устьевого давления гидроразрыва:

$$p_{\text{раб}}^{\text{уст}} = \frac{(D_{\text{нар}}^2 - D_{\text{вн}}^2) \cdot \sigma_{\text{тек}}}{(D_{\text{нар}}^2 + D_{\text{вн}}^2) \cdot K} + p_{\text{пл}} - \rho \cdot g \cdot H + p_{\text{тр}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{нар}}$ и $D_{\text{вн}}$ – наружный и внутренний диаметр эксплуатационных труб, м; $\sigma_{\text{тек}}$ – предел текучести стали, МПа; K – запас прочности ($K = 1,5$); $p_{\text{тр}}$ – потери напора на трение в трубах, МПа.

4. Потери напора на трение по формуле Дарси-Вейсбаха (предварительно определив коэффициент гидравлического сопротивления, скорость движения жидкости и плотность смеси (нефть + песок)):

$$p_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{\rho_{\text{см}} \cdot v^2 \cdot H}{2 \cdot g \cdot D}, \quad (4)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления труб; $\rho_{\text{см}}$ – плотность смеси; v – скорость движения жидкости, м/с.

5. Определение необходимого количества рабочей жидкости.

Количество жидкости разрыва не поддаётся точному расчёту. Оно зависит от вязкости жидкости разрыва и фильтруемости, проницаемости пород и призабойной зоны скважины, темпа закачки жидкости и давления разрыва. По опытным данным объём жидкости разрыва изменяется от 5 до 10 м³. На практике заготавливают 20–50 м³ жидкости и 8–10 тонн песка ($G_{\text{песка}}$). Для нефти вязкостью 2,1 МПа · с принимаем $C = 250$ кг/м³. Объём жидкости-песконосителя:

$$V_{\text{жп}} = \frac{G_{\text{песка}}}{C}. \quad (5)$$

Объём продавочной жидкости во избежание оставления на забое песка следует принимать в 1,2–1,3 раза больше, чем объём колонны, по которой закачивается песок. Необходимый объём продавочной жидкости:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2 \cdot 1,3}{4}. \quad (6)$$

6. Время проведения гидроразрыва:

$$T = \frac{(V_{\text{р}} + V_{\text{жп}} + V_{\text{пр}})}{Q}, \quad (7)$$

где Q – суточный расход рабочей жидкости, м³.

7. Радиус горизонтальной трещины:

$$r_{\text{тр}} = \frac{c \cdot \left(Q \cdot \sqrt{\frac{10^{-9} \cdot \mu \cdot t_p}{k}} \right)}{2}, \quad (8)$$

где c – эмпирический коэффициент, зависящий от горного давления; μ – вязкость жидкости разрыва; t_p – время закачки.

8. Проницаемость горизонтальной трещины:

$$k_{\text{тр}} = \frac{\omega^2}{10^4 \cdot 12}, \quad (9)$$

где ω – ширина трещины ($\omega = 0,1$ см).

9. Проницаемость призабойной зоны:

$$k_{\text{пз}} = \frac{(k_{\text{п}} \cdot h + k_{\text{тр}} \cdot \omega)}{h + \omega}, \quad (10)$$

где $k_{\text{п}}$ – проницаемость пласта, м^2 ; h – эффективная мощность пласта, м.

10. Проницаемость всей дренажной системы:

$$k_{\text{дс}} = \frac{k_{\text{п}} \cdot k_{\text{пз}} \cdot \log_{10} \left(\frac{R_{\text{к}}}{r_{\text{СКВ}}} \right)}{k_{\text{пз}} \cdot \log_{10} \left(\frac{R_{\text{к}}}{r_{\text{тр}}} \right) + k_{\text{п}} \cdot \log_{10} \left(\frac{r_{\text{тр}}}{r_{\text{СКВ}}} \right)}, \quad (11)$$

где $R_{\text{к}}$ – радиус контура питания скважины, м; $r_{\text{СКВ}}$ – радиус забоя скважины, м; $r_{\text{тр}}$ – радиус трещины.

11. Дебит скважины после гидроразрыва:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_{\text{дс}} \cdot h \cdot \Delta p}{\mu \cdot \log_{10} \left(\frac{R_{\text{к}}}{r_{\text{СКВ}}} \right)}, \quad (12)$$

где Δp – депрессия на забое, МПа.

12. Число насосных агрегатов:

$$N = \left(\frac{q}{q_{\text{арп}}} \right) + 1, \quad (13)$$

где $q_{\text{арп}}$ – производительность одного агрегата на второй скорости, л/с.

13. Эффективность проведения ГРП.

Ожидаемый эффект от ГРП предварительно можно определить по приближённой формуле Г.К. Максимовича, в которой радиус скважины после ГРП принимается равным радиусу трещины:

$$n = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\log_{10} \left(\frac{R_{\text{к}}}{r_{\text{СКВ}}} \right)}{\log_{10} \left(\frac{R_{\text{к}}}{r_{\text{тр}}} \right)}, \quad (14)$$

где Q_1 и Q_2 – дебит скважин соответственно до и после гидроразрыва.

Фактическая эффективность может быть несколько ниже, так как при движении жидкости по трещинам, заполненным песком, наблюдается не учитываемые формулой небольшие потери напора.

Сравнение и анализ показателей моделирования

Результаты моделирования представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты моделирования ГРП по скважинам-кандидатам

Показатель	Скважина		
	№ 130	№ 132	
Вертикальное горное давление $p_{гор}^{верт}$, МПа	41,69	49,05	
Давление гидроразрыва $p_{грп}$, МПа	25,49	32,85	
Потери напора на трение $p_{тр}$, МПа	0,03	0,03	
Допустимое устьевое давление ГРП $p_{доп}^{уст}$, МПа	80,71	77,95	
Рабочее давление на устье скважины $p_{раб}^{уст}$, МПа	9,88	14,48	
Объём жидкости-песконосителя $V_{жп}$, м ³	32,00	32,00	
Необходимый объём продавочной жидкости $V_{пр}$, м ³	35,97	42,32	
Время проведения гидроразрыва T , сут.	0,05	0,05	
Радиус горизонтальной трещины $R_{тр}$, м	4,35	4,35	
Проницаемость горизонтальной трещины $k_{тр}$, м ²	$3,78 \cdot 10^{-7}$	$8,14 \cdot 10^{-7}$	
Проницаемость призабойной зоны пласта $k_{п}$, м ²	$9,56 \cdot 10^{-9}$	$4,10 \cdot 10^{-8}$	
Проницаемость всей дренажной системы $k_{дс}$, мкм ²	0,158	0,158	
Дебит скважины после гидроразрыва Q_2 , м ³ /с	$4,41 \cdot 10^{-5}$	$5,71 \cdot 10^{-4}$	
Эффективность проведения ГРП η	через радиусы	2,00	2,00
	через дебиты	0,38	5,09

Расчётные показатели по проницаемости дренажной системы слабо различны, вследствие чего для анализа взялся их средний показатель, который отличается от показателей по каждой из скважин-кандидатов на $\pm 0,01$ (рис. 5).

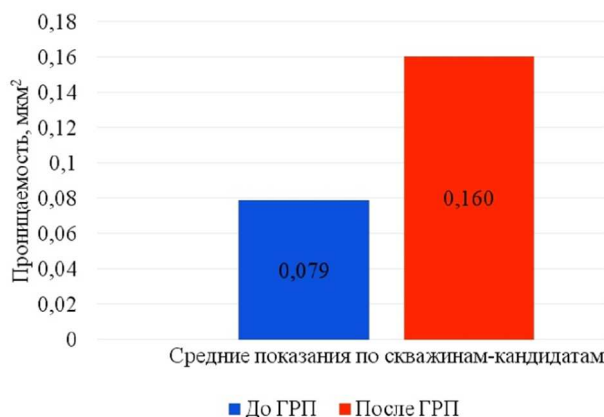


Рисунок 5 – Сравнение $k_{дс}$ до и после проведения ГРП

После проведения ГРП проницаемость дренажной системы увеличилась более чем в 2 раза, это обусловлено заполнением проппанта призабойной зоны скважины.

Эффективность проведения ГРП согласно формуле Г.К. Максимовича можно рассчитать через радиусы дренирования скважины и трещины, либо через дебиты до и после ГРП. Эффективность ГРП, рассчитанная через радиусы, совпадает у обеих скважин-кандидатов ввиду одинаковости геомеханических характеристик и равна 2,0. Эффективность ГРП через дебиты представлена на рисунке 6.

Эффективность ГРП для скважины-кандидата № 132 заметно выше скважины-кандидата № 130. Депрессия скважины-кандидата № 130 сильно ниже скважины-кандидата № 132 ввиду столь низкой депрессии скважины № 130. Эффективность

ГРП, рассчитанная исходя из отношения дебитов до и после для скважины № 130, является слабо эффективной. Разница эффективностей двух скважин-кандидатов также получилась ввиду более высокого изначального дебита скважины-кандидата № 132.

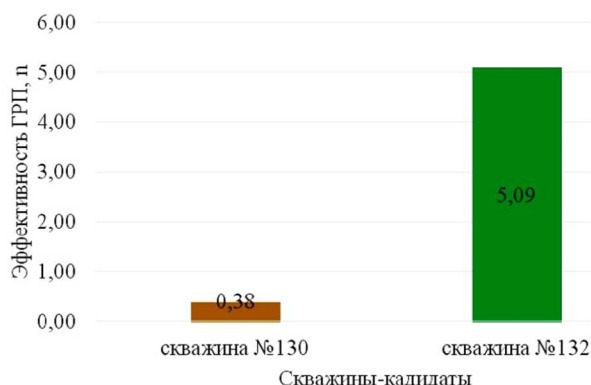


Рисунок 6 – Эффективность ГРП по скважинам-кандидатам

Заключение

В ходе проведения моделирования одностадийного гидравлического разрыва пласта на скважинах-кандидатах получено увеличение дебита по обеим скважинам и увеличение коэффициента проницаемости призабойной дренажной системы, что положительно повлияло на коэффициент извлечения нефти.

В технологии моделирования проведения гидравлического разрыва пласта существует множество не учитываемых сил, как и в любом другом моделировании ГТМ. Многие из них не учитываются, т.к. есть предположения об их незначительности, но из множества переменных может получиться сильный прирост в виде эффективности проведения моделирования ГРП. В результате проведения моделирования ГТМ сформулированы некоторые рекомендации по результатам расчёта:

- разработать математические и компьютерные модели для описания динамики проппанта в жидкости, используемой для гидроразрыва;
- проводить моделирование движения проппанта в трещине гидроразрыва;
- разработать модели течения жидкости в трещинах гидроразрыва с учётом изменяющейся геометрии трещин;
- уделять большое внимание исходным данным по скважинам-кандидатам, особенно геомеханическим свойствам.

По результатам моделирования можно сравнить основные технологические показатели до и после проведения моделирования ГРП:

- 1) коэффициент проницаемости дренажной системы (призабойной зоны скважины) по обеим скважинам-кандидатам увеличился в 2 раза (с 0,079 мкм² до 0,158 мкм²);
- 2) дебиты увеличились в 1,38 и 5,09 раза для скважин-кандидатов №№ 130 и 132 соответственно.

Литература

1. Булатов А.И. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 т. / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
2. Булатов А.И. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учеб.пособие / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2013–2014. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, О.В. Савенок, Р.С. Яремийчук. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
4. Варламов П.С. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.

5. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
6. Миклина О.А., Ксёэнз Т.Г. Гидравлический разрыв пласта (ГРП): учебное пособие. – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2019. – 120 с.
7. Попов В.В. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
8. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
9. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
10. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
11. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учеб.пособие: в 2 ч. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
12. Экономидес М., Олайни Р., Валько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. Наведение мостов между теорией и практикой. – М. : Петроальянс Сервисис Компани Лимитед, 2004. – 194 с.
13. Антонов Е.Н., Шиян С.И. Техника и технология проведения гидравлического разрыва пласта на скважинах Самотлорского месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 48–57.
14. Антонов Е.Н., Шиян С.И., Шаблий И.И. Анализ эффективности производства ГРП на объекте Самотлорского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 55–72.
15. Арутюнов Т.В., Березовский Д.А., Кусов Г.В. Анализ технологии проведения гидравлического разрыва пласта в условиях объекта Ю₁ Снежного месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2017. – № 2 (2). – С. 85–113.
16. Батыров М.И., Савенок О.В. Анализ эффективности проведения ГРП на Ем-Ёговской площади Краснотенинского месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 75–81.
17. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.
18. Григулецкий В.Г., Савельев Ю.П. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. Особенности технологии. Контроль и управление свойствами технологических жидкостей // Нефть, газ и бизнес. – 2015. – № 12. – С. 16–23.
19. Григулецкий В.Г. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. О некоторых факторах, определяющих эффективность ГРП с закачкой больших количеств песка // Нефть, газ и бизнес. – 2016. – № 2. – С. 3–12.
20. Григулецкий В.Г. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. Течение вязкой технологической жидкости через перфорационные отверстия и каналы некруговой формы. Часть 1. Обоснование и постановка задачи исследования // Нефтепромысловое дело. – 2016. – № 6. – С. 36–44.
21. Григулецкий В.Г. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. Течение вязкой технологической жидкости через перфорационные отверстия и каналы некруговой формы. Часть 2. Новое приближённое решение задач // Нефтепромысловое дело. – 2018. – № 11. – С. 18–26.
22. Григулецкий В.Г., Савельев Ю.П. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. Особенности технологии. Контроль и управление свойствами технологических жидкостей. Часть 1 // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 8. – С. 18–25.
23. Григулецкий В.Г., Савельев Ю.П. Направленный многостадийный гидравлический разрыв пласта. О динамических и температурных полях при измерении показателей технологических жидкостей. Часть 2 // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2016. – № 7. – С. 15–20.
24. Дерли Н.А., Савенок О.В. Проектирование процесса ГРП в условиях Северо-Савиноборского нефтяного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 252–262.
25. Куликов Э.В., Залоев П.Д., Лешкович Н.М. Особенности применения ГРП на Приразломном месторождении // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 127–132.
26. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Стационарный приток нефти к одиночной горизонтальной скважине в анизотропном пласте // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10–12.

27. Павельева О.Н., Басов А.О., Павельева Ю.Н. Анализ проведения ГРП на переходящем фонде скважин на Приобском месторождении // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 198–200.
28. Поварова Л.В., Приходько М.Г., Савенок О.В. Факторы, обуславливающие экологическую опасность нефтедобычи // «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014»: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодёжи (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. – С. 28–32.
29. Поздняков А.А., Виноградова И.А., Иванова Ю.И. Мониторинг гидроразрыва пласта на месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» // Нефтяное хозяйство, 2006. – № 11. – С. 38–41.
30. Савенок О.В., Кусов Г.В. Повышение эффективности газоконденсатоотдачи с помощью гидроразрыва пласта на Ново-Уренгойском газоконденсатном месторождении // ГеоИнжиниринг, 2006. – № 2. – С. 88–91.
31. Савенок О.В., Кусова Л.Г. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования, 2018. – № 3 (6). – С. 97–120.
32. Трофименко Д.Д., Савенок О.В., Арутюнян А.С. Применение гидроразрыва пласта в низкопроницаемых коллекторах Тасовского месторождения и способ повышения его эффективности // Инженер-нефтяник. – 2019. – № 4 (49). – С. 5–15.
33. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. База данных «Гидравлический разрыв пласта». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620811. Заявка № 2015620282. Дата поступления 27 марта 2015 г. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 25 мая 2015 г.

References

1. Bulatov A.I. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.
2. Bulatov A.I. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells»: in 4 volumes: textbook / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar: LLC Publishing House – South, 2013–2014. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremychuk. – Krasnodar : Publishing House – South, 2016. – 576 p.
4. Varlamov P.S. Formation testing equipment for hydrodynamic studies of reservoirs of oil and gas wells / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa Polygraph Plant, 2004. – 620 p.
5. Ladenko A.A. Theoretical foundations for the development of oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2020. – 244 p.
6. Miklina O.A., Ksenz T.G. Hydraulic fracturing (HF): textbook. – Ukhta : Ukhta State Technical University, 2019. – 120 p.
7. Popov V.V. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Lik Publishing House, 2018. – 292 p.
8. Savenok O.V. Oil and gas engineering during well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremychuk. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
9. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
10. Savenok O.V. Ecological aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
11. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: textbook: in 2 hours – Ukhta : Publishing house of Ukhta State Technical University, 2021.
12. Economides M., Olaini R., Valko P. Unified design of hydraulic fracturing. Building bridges between theory and practice. – M. : Petroalliance Services Company Limited, 2004. – 194 p.
13. Antonov E.N., Shiyani S.I. Technique and technology of hydraulic fracturing at the wells of the Samotlor field // Bulatovskie readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 48–57.
14. Antonov E.N., Shiyani S.I., Shabliy I.I. Analysis of the efficiency of hydraulic fracturing at the Samotlor field // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2020. – № 2. – P. 55–72.
15. Arutyunov T.V., Berezovsky D.A., Kusov G.V. Analysis of the technology of hydraulic fracturing in the conditions of the Yu₁ object of the Snezhnoye deposit // Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming. – 2017. – № 2 (2). – P. 85–113.
16. Batyrov M.I., Savenok O.V. Analysis of the efficiency of hydraulic fracturing at the Em-Yogovskoye area of the Krasnoleninskoye field // Bulatovskie readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 75–81.
17. Berezovsky D.A., Lavrentiev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling from the point of view of establishing the conditions for the onset of factors complicating mining // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2014. – № 2. – P. 27–33.

18. Griguletsky V.G., Saveliev Yu.P. Directional multi-stage hydraulic fracturing. Technology features. Control and management of the properties of technological liquids // Oil, gas and business. – 2015. – № 12. – P. 16–23.
19. Griguletsky V.G. Directional multi-stage hydraulic fracturing. On some factors that determine the effectiveness of hydraulic fracturing with the injection of large amounts of sand // Oil, gas and business. – 2016. – № 2. – P. 3–12.
20. Griguletsky V.G. Directional multi-stage hydraulic fracturing. The flow of a viscous process fluid through perforations and non-circular channels. Part 1. Substantiation and formulation of the research problem // Oilfield business. – 2016. – № 6. – P. 36–44.
21. Griguletsky V.G. Directional multi-stage hydraulic fracturing. The flow of a viscous process fluid through perforations and non-circular channels. Part 2. New approximate solution of problems // Oilfield business. – 2018. – № 11. – P. 18–26.
22. Griguletsky V.G., Saveliev Yu.P. Directional multi-stage hydraulic fracturing. Technology features. Control and management of the properties of process fluids. Part 1 // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2015. – № 8. – P. 18–25.
23. Griguletsky V.G., Saveliev Yu.P. Directional multi-stage hydraulic fracturing. About dynamic and temperature fields at measurement of indicators of technological liquids. Part 2 // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2016. – № 7. – P. 15–20.
24. Derli N.A., Savenok O.V. Designing the hydraulic fracturing process in the conditions of the Severo-Savinoborsk oil field // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 1. – P. 252–262.
25. Kulikov E.V., Zaloev P.D., Leshkovich N.M. Features of the use of hydraulic fracturing at the Prirazlomnoye field // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 127–132.
26. Nikitin B.A., Griguletsky V.G. Stationary oil inflow to a single horizontal well in an anisotropic reservoir // Neftyanoe khozyaystvo. – 1992. – № 10. – P. 10–12.
27. Pavelyeva O.N., Basov A.O., Pavelyeva Yu.N. Analysis of hydraulic fracturing at the transitional well stock at the Priobskoye field // Bulatovskie readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 198–200.
28. Povarova L.V., Prikhodko M.G., Savenok O.V. Factors causing the environmental hazard of oil production // «Ecological problems of oil production – 2014»: a collection of proceedings of the IV International scientific and practical conference with elements of a scientific school for youth (October 21–23, 2014, Ufa). – Ufa : Ufa State Petroleum Technical University, 2014. – P. 28–32.
29. Pozdnyakov A.A., Vinogradova I.A., Ivanova Yu.I. Monitoring of hydraulic fracturing at the fields of LLC «LUKOIL – Western Siberia» // Oil Industry, 2006. – № 11. – P. 38–41.
30. Savenok O.V., Kusov G.V. Improving the efficiency of gas condensate recovery using hydraulic fracturing at the Novo-Urengoykoye gas condensate field // GeoEngineering, 2006. – № 2. – P. 88–91.
31. Savenok O.V., Kusova L.G. Oil recovery of the reservoir and ways to increase it // Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming, 2018. – № 3 (6). – P. 97–120.
32. Trofimenko D.D., Savenok O.V., Arutyunyan A.S. The use of hydraulic fracturing in low-permeability reservoirs of the Tasovskoye field and a method for improving its efficiency. Oil Engineer. – 2019. – № 4 (49). – P. 5–15.
33. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Database «Hydraulic fracturing». Certificate of state registration of the database № 2015620811. Application № 2015620282. Date of receipt March 27, 2015 Date of state registration in the Register of Databases May 25, 2015

УДК 550.812 + 622.276

**АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ
НА ЮЖНО-РУССКОМ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**



**ANALYSIS OF GEOLOGICAL AND FIELD INFORMATION
FOR THE DESIGN OF GEOLOGICAL AND TECHNICAL MEASURES
ON THE SOUTH -RUSSKOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD**

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук, профессор
кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Кусова Лизавета Геннадиевна

студентка направления подготовки
21.05.06 «Нефтегазовая техника и технологии»
Санкт-Петербургский горный университет
kusovalisa@gmail.com

Аннотация. Одной из ведущих задач при разработке газовых месторождений является максимально возможное извлечение природных запасов газа из недр земли. Повышение конечной газоотдачи разрабатываемых залежей и увеличение темпов отбора газа в главной степени достигаются посредством массового использования методов интенсификации добычи газа. Любые мероприятия по интенсификации притока газа направлены на повышение или восстановление проницаемости призабойной зоны и соединении её с более проницаемыми газонасыщенными участками пласта. Разработка газоконденсатных залежей Южно-Русского месторождения ведётся с некоторыми отклонениями от проектных решений. Вызвано это в первую очередь отставанием фактического действующего фонда скважин по сравнению с планируемым, а также сложными и неоднородными свойствами коллекторов, слагающих продуктивные пласты.

Ключевые слова: характеристика геологического строения месторождения; геологический разрез месторождения; промышленная нефтегазоносность месторождения; схема совмещения залежей в плане; газодинамические исследования залежей и пластов; геолого-физические характеристики продуктивных пластов и их свойств; характеристика фонда скважин.

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor, Department of Development
and Operation of Oil and Gas Fields
and Underground Hydromechanics,
Ukhta State Technical University
olgasavenok@mail.ru

Kusova Lizaveta Genadiievna

Student training direction 21.05.06
«Oil and Gas Equipment and Technologies»
Saint Petersburg Mining University
kusovalisa@gmail.com

Annotation. One of the leading tasks in the development of gas fields is the maximum possible extraction of natural gas reserves from the bowels of the earth. An increase in the final gas recovery of the developed deposits and an increase in the rate of gas production are mainly achieved through the massive use of gas production intensification methods. Any measures to stimulate gas inflow are aimed at increasing or restoring the permeability of the bottomhole zone and connecting it with more permeable gas-saturated areas of the formation. The development of gas condensate deposits of the South-Russkoye field is carried out with some deviations from design decisions. This is caused primarily by the lag of the actual operating well stock in comparison with the planned one, as well as by the complex and heterogeneous properties of the reservoirs that make up the productive formations.

Keywords: characteristics of the geological structure of the field; geological section of the field; industrial oil and gas content of the field; scheme of combining deposits in the plan; gas-dynamic studies of deposits and formations; geological and physical characteristics of productive strata and their properties; well stock characteristics.

Краткая характеристика геологического строения

Южно-Русского месторождения

Геологический разрез Южно-Русского месторождения представлен палеозойскими образованиями фундамента и отложениями мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Наиболее полно разрез изучен скважинами №№ 21-П и 24-П, вскрывшими на забое породы палеозойского фундамента.

В соответствии со схемой районирования территории Западной Сибири Южно-Русское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в восточной части Тазовского НГР Пур-Тазовской НГО Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (рис. 1).

Регионально газоносными являются отложения сеномана, в которых выявлены крупные и уникальные скопления газа на Заполярном, Северо-Часельском, Южно-Русском и других месторождениях.

Покрышкой для залежей сеноманской продуктивной толщи служат глинистые отложения турон-датского и более молодого возраста, толщина которых составляет 600–800 м. Внутри глинистой покрышки в 40–70 м выше кровли сеномана выделяется песчаная газсалинская пачка, к которой на Южно-Русском месторождении приурочена залежь газа в пласте T_{1-2} . Промышленная продуктивность газсалинской пачки установлена также на Заполярной, Харампурской, Западно-Часельской, Северо-Ханчейской площадях.

В разрезе месторождений Тазовского НГР выделяется 5 перспективных нефтегазоносных комплексов (НГК): ниже-среднеюрский, верхнеюрский, неокомский, апт-альб-сеноманский и туронский, разделённых хорошо выдержанными глинистыми толщами.

Всего на Южно-Русском месторождении выделен 31 продуктивный пласт: T_{1-2} , ПК₁, ПК₆, ПК₇, ПК₉, ПК₁₀, ПК₁₁, ПК₁₂, ПК₁₃¹, ПК₁₃², ПК₁₄, ПК₁₅, ПК₁₆¹, ПК₁₆², ПК₁₇¹, ПК₁₇², ПК₁₈, ПК₁₉, ПК₂₀¹, ПК₂₀², ПК₂₁₋₂₂, АТ₆, АТ₁₁, БТ₄⁰, БТ₄, БТ₁₂, Ю₁¹, Ю₁², Ю₁⁴⁻¹, Ю₁⁴⁻², Ю₂¹.

В разрезе Южно-Русского месторождения промышленная нефтегазоносность установлена в пластах туронского (пласт T_{1-2}), апт-альб-сеноманского (пласты ПК₁, ПК₆, ПК₇, ПК₉, ПК₁₀, ПК₁₁, ПК₁₂, ПК₁₃¹, ПК₁₃², ПК₁₄, ПК₁₅, ПК₁₆¹, ПК₁₆², ПК₁₇¹, ПК₁₇², ПК₁₈, ПК₁₉, ПК₂₀¹, ПК₂₀², ПК₂₁₋₂₂), неомского (пласты АТ₆, АТ₁₁, БТ₄⁰, БТ₄, БТ₁₂), верхнеюрского (пласты Ю₁¹, Ю₁², Ю₁⁴⁻¹, Ю₁⁴⁻²) и среднеюрского (пласт Ю₂¹) нефтегазоносных комплексов.

На рисунке 2 представлена схема совмещения разрабатываемых залежей Южно-Русского месторождения.

Сеноманская залежь

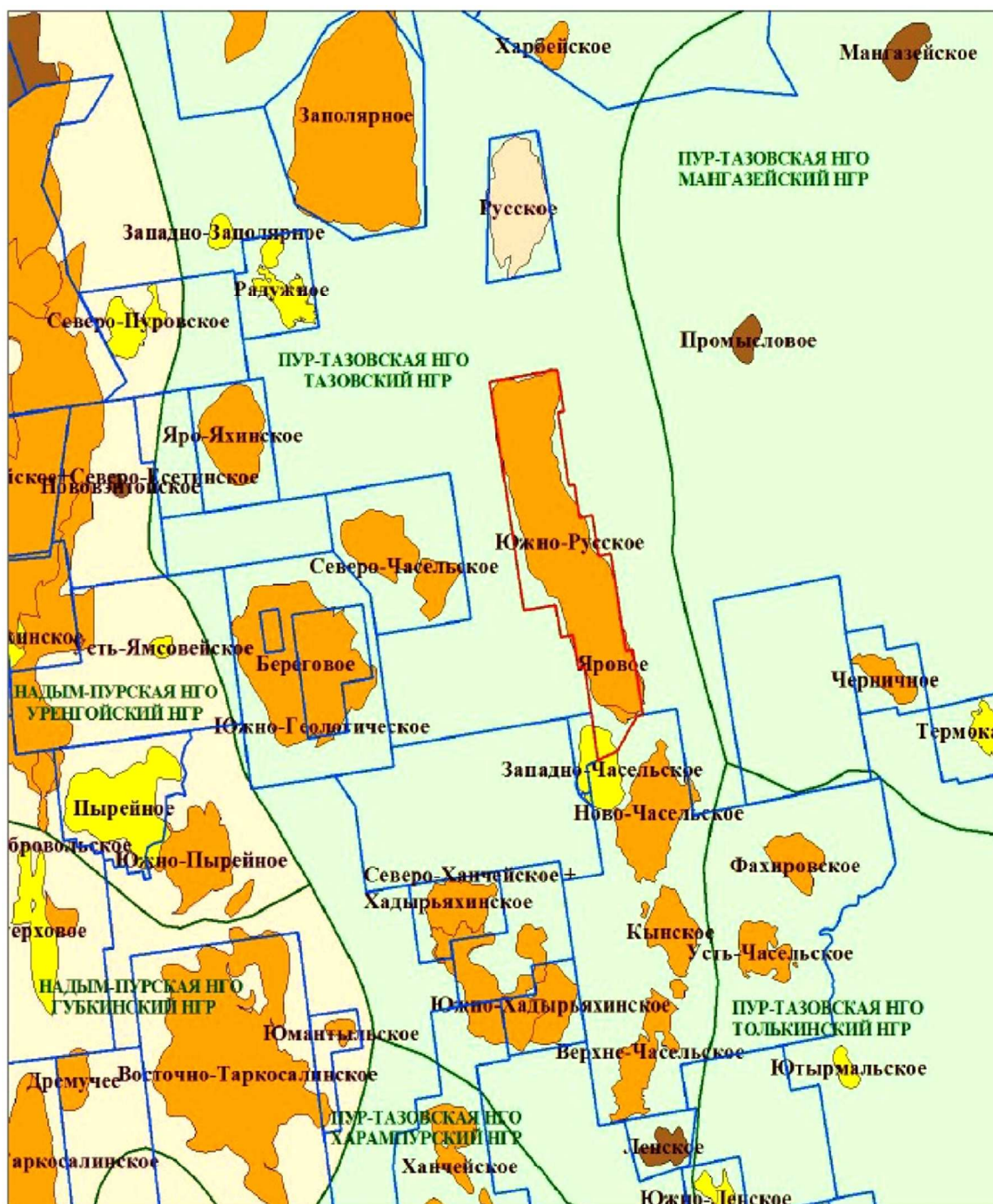
В пласте ПК₁ на Южно-Русском месторождении выявлена одна газовая залежь. Общая характеристика залежи пласта ПК₁ приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Общая характеристика залежей Южно-Русского месторождения

Пласт	ПК ₁	T_{1-2}
Тип залежи	массивная	пластово-сводовая
Размеры залежи	69,7×7,9–12,4	80,1×10,2–19,0
Площадь залежи, тыс. м ²	696363	1184265
Абсолютная отметка / глубина залегания кровли (интервал изменения), м	808,5–906,0	706,6–836,7
Абсолютные отметки контактов (интервал изменения), м	– 911±3	– 847±3
Высота залежи, м	102,5	142,4

Пласт вскрыт 54 поисково-разведочными и 161 эксплуатационными скважинами на а.о. минус 808,5 (скважина № 111) – минус 1114,4 м (скважина № 114-Р). Эффективные толщины изменяются от 45,0 м в скважине № 55-Р до 115,3 м в скважине № 25-Р, эффективные газонасыщенные – в пределах 6,4 м (скважина № 4-Р) – 92,8 м (скважина № 51-Р).

Пласт испытан в 25 поисково-разведочных скважинах, в 20 из них доказана газонасыщенность отложений. Дебиты газа изменяются в диапазоне 292,8 тыс. м³/сут. (скважина № 104-П) – 636,4 тыс. м³/сут. (скважина № 2-Р). При освоении эксплуатационных скважин фонтаны газа достигают 218,4 (скважина № 8н) – 720,5 тыс. м³/сут. (скважина № 122).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ








- | | |
|---|---|
|  Лицензионные участки |  Месторождения УВС |
|  Границы НГР, НГО |  газонефтяные |
|  Граница Южно-Русского лицензионного участка |  нефтяные |
| |  нефтегазоконденсатные |

Рисунок 1 – Выкопировка из карты нефтегазоносности ЯНО

Залежь по типу является водоплавающей, массивной. Большинство эксплуатационных скважин пробурены со вскрытием кровельной газонасыщенной части пласта. Газоводяной контакт залежи обоснован данными ГИС и результатами испытания пласта в 57 скважинах с удлинением не более 30 м.

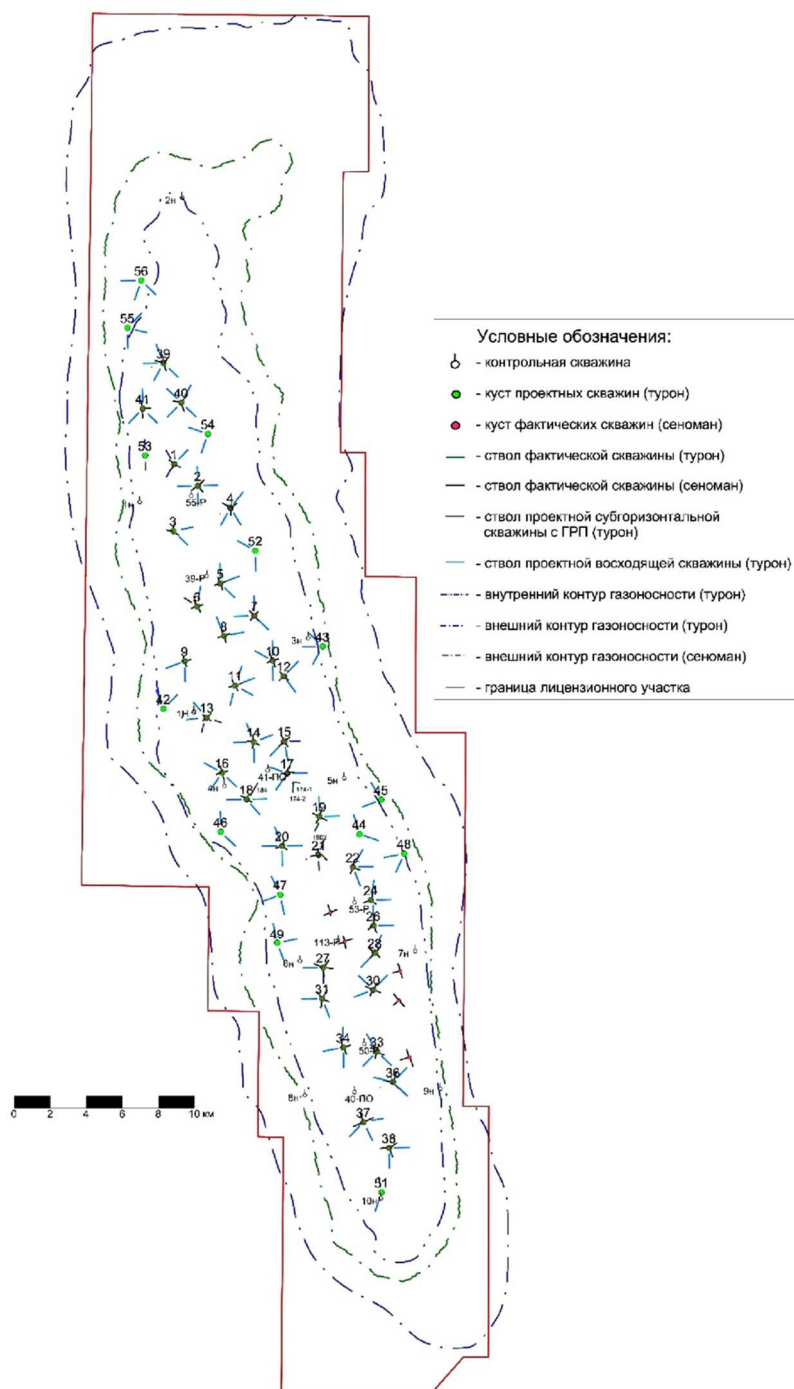


Рисунок 2 – Схема совмещения залежей в плане

В скважинах №№ 1П, 2Н, 2П, 2н, 3н, 5н, 9н, 10-Р, 13-Р, 14-Р, 15-Р, 17-Р, 18-Р, 22-Р, 24-П, 35-Р, 37-ПО, 40-ПО, 40Н, 41-ПО, 91, 170Н, 210Н и 360Н ГВК вскрыт по данным ГИС в проницаемой части на а.о. – 909,7 м (скважины №№ 2Н и 91) – 914,4 м (скважина № 22-Р). При перфорации пласта в скважинах №№ 3н, 5н, 9н, 10-Р, 13-Р, 15-Р, 18-Р, 22-Р и 91 дебиты газа составили 256,6–642,8 тыс. м³/сут.

В новых разведочных скважинах №№ 50-Р, 51-Р, 52-Р, 53-Р, 54-Р и 55-Р пласт ПК1 не испытан, газоводяной контакт принят по данным ГИС. Все скважины подтвердили принятый ГВК залежи.

Начальный уровень газоводяного контакта по пласту ПК₁ принят на а.о. минус 911 ± 3 м.

Залежь массивная, размеры её в границах принятого контура газоносности составляют 69,7 x 7,9 – 12,4 км, высота – 102,5 м.

Туронская залежь

В пласте Т₁₋₂ на Южно-Русском месторождении выявлена одна газовая залежь. Общая характеристика залежи пласта Т₁₋₂ приведена в таблице 1.

Пласт вскрыт 54 поисково-разведочными и 165 эксплуатационными скважинами. Общая толщина пласта в стратиграфических границах изменяется от 29 (скважина № 94) до 78,3 (скважина № 31-Р) м, увеличиваясь в восточном направлении. Пласт представлен переслаиванием алевролитов и глинистых песчаников. Толщина прослоев коллектора изменяется от 0,1 до 13,8 м, расчленённость пласта равна 4-21.

Газонасыщенность туронских отложений доказана результатами испытаний в 22 поисково-разведочных скважинах и при эксплуатации скважин №№ 170Н и 174 (два горизонтальных ствола – основной и боковой), 184.

Дебиты газа сепарации изменяются от 4,5 тыс. м³/сут. (скважина № 38-ПО) до 216 тыс. м³/сут. (скважина № 104-П) на шайбе диаметром 6–18 мм. Максимальные притоки газа получены в скважинах №№ 37-ПО (157 тыс. м³/сут.), 41-ПО (144,4 тыс. м³/сут.), 45-ПО (148,6 тыс. м³/сут.) и 104-П (216 тыс. м³/сут.), вскрывших чисто газовую зону залежи. В эксплуатационных скважинах дебиты газа достигают 326,5 тыс. м³/сут. на 18 мм шайбе (скважина № 184).

В скважине № 43-Р пласт опробован поинтервально снизу-вверх. Из интервала 918–941 м (а.о. – 846,5–869,5 м) получен приток газа с пластовой водой. Дебит газа составил 40,7 тыс. м³/сут., воды 2,8 м³/сут. на шайбе / штуцере диаметром 10/10 мм. По результатам промыслово-геофизических исследований (СТД, термометрия, влагометрия, резистивиметрия) перфорированный интервал охарактеризован как водонасыщенный, интервал 918,4–919 м работает газом, поступающим в ствол скважины заколонным переток с глубины 892–911 м. При опробовании коллекторов верхней части пласта в интервалах глубин 887–893,5 м (а.о. – 815,6–822,1 м) и 889–909 м (а.о. – 817,6–837,5 м) получен фонтан газа дебитом 82,2 тыс. м³/сут. на шайбе 12 мм.

По данным ГИС газоводяной контакт в скважине вскрыт в коллекторе на а.о. – 845,9 м.

В скважине № 46-ПО проникаемая часть пласта испытана в полном объёме. При совместной перфорации интервалов 915–919 м (а.о. – 845,7–849,7 м), 926–938 м (а.о. – 856,7–868,7 м), 941–944 м (а.о. – 871,7–874,7 м) получен приток воды дебитом 3,1 м³/сут. на уровне 757,8 м. Из интервалов 878–883 м (а.о. – 808,7–813,7 м), 886–897 м (а.о. – 816,7–827,7 м), 902–906 м (а.о. – 832,7–836,7 м) получен фонтан газа дебитом 56,4 тыс. м³/сут. на шайбе 10 мм.

По данным ГИС и результатам испытания ГВК в скважине определён на а.о. – 843,9–845,9 м.

В скважине № 47-ПО при опробовании пласта в интервале 891–902 м (а.о. – 832,8–843,7 м) получен непромышленный приток газа с пластовой водой. Дебит газа сепарации составил 2,15 тыс. м³/сут., дебит воды – 86,4 м³/сут. при работе на штуцере 8 мм и шайбе 6 мм. По ГИС пласт газонасыщен на а.о. минус 845,8 м, кровля водонасыщенного коллектора фиксируется на а.о. минус 849,7 м. В скважине имеет место переток из-за низкого качества цементации. Вода поступает по заколонному пространству из подошвенной водонасыщенной части пласта. Не исключён переток с пласта ПК1.

Газоводяной контакт принят по материалам ГИС в интервале а.о. минус 845,8–849,7 м.

В скважине № 9-Р из интервала 875–887 м (а.о. минус 838,6–850,6 м) получен фонтан газа дебитом 81,2 тыс. м³/сут. на 16 мм шайбе. По ГИС пласт продуктивен до а.о. минус 847,6 м, пропластки до а.о. минус 850,4 м с неясным насыщением как мало-мощные по результатам испытания отнесены к газонасыщенной части.

Газоводяной контакт в скважине определён в интервале а.о. – 850,4–861,2 м.

В скважине № 11 при испытании пласта в интервале глубин 902–912 м (а.о. минус 839,7–849,7 м) получен фонтан газа дебитом 16,3 тыс. м³/сут. на 9,5 мм шайбе. При проведении исследований отмечалось гидратообразование. По материалам ГИС проникаемая часть газонасыщена на а.о. минус 849,5 м, кровля водонасыщенных коллекторов фиксируется с а.о. минус 862,1 м.

В скважине № 15-Р пласт проперфорирован в интервале глубин 854–870 м (а.о. минус 806,4–822,3 м). Получен фонтан газа дебитом 77,8 тыс. м³/сут. на шайбе диаметром 15,9 мм. Подошва нижнего газонасыщенного коллектора по данным ГИС определена на а.о. минус 843,2 м, кровля водонасыщенного – на а.о. минус 843,9 м.

В скважине № 107-П пласт испытан поинтервально. При перфорации подошвенной части пласта в интервале 903–906 м (а.о. минус 835,2–838,2 м) получили фонтан газа с пластовой водой. Дебит газа сепарации на 12 мм штуцере составил 6,0 тыс. м³/сут., дебит воды 209 м³/сут. По данным ГИС пласт характеризуется газонасыщенным до подошвы (а.о. минус 838 м). Промыслово-геофизические исследования по определению места притока не проводились. По заключению АКЦ в интервале 900–958 м сцепление цементного камня с колонной отсутствует или определяется как частичное. Получение воды при испытании, вероятно, объясняется перетоком по заколонному пространству с нижезалегающих водонасыщенных коллекторов пласта Т₃. При низком качестве цементирования не исключается переток и с пластов группы ПК. При перфорации пласта в интервалах 896–899 м (а.о. минус 828,2–831,2 м) и 855–871 м (а.о. минус 787,2–803,2 м) получены фонтаны газа дебитами 101,7 и 89,7 тыс. м³/сут. на шайбе 14,5 мм.

Скважины №№ 16-Р, 20-Р, 23-Р, 35-Р, 36-Р, 37-ПО, 38-ПО, 40-ПО, 41-ПО, 42-Р, 45-Р и 104-П вскрыли чисто газовую зону залежи. Пласт во всех скважинах испытан (до а.о. минус 823,2 м). При испытании получены безпримесные фонтаны газа дебитами 4,5–216 тыс. м³/сут. на шайбе диаметром 8–19 мм.

В скважине № 3-Р при перфорации пласта в интервалах 847–851 (а.о. минус 812,1–816,1 м) и 838–844 м (а.о. минус 803,1–809,1 м) получили незначительный приток природного газа. При свободном истечении на устье дебит составил 180 м³/сут. По данным геофизики коллектора интерпретируются как газонасыщенные до подошвы (а.о. минус 842,1 м). Исследование пласта в скважине было прекращено из-за медленного темпа возрастания забойного давления. Пласт в скважине остался недоосвоен.

В скважинах №№ 5-Р, 4-Р, 8н, 17-Р, 29-Р, 226-П и 227-П газоводяной контакт определён материалами интерпретации ГИС.

В скважине № 5-Р подошва нижнего газонасыщенного коллектора отбивается на а.о. минус 844,9 м, кровля первого водонасыщенного – на а.о. минус 848,5 м. В скважине № 4-Р ГВК определён в интервале а.о. минус 842,7–843,9 м.

В скважине № 8н подошва газонасыщенной части находится на а.о. минус 844,2 м, кровля водонасыщенной – на а.о. 848 м.

В скважине № 17-Р газоводяной контакт установлен в интервале а.о. минус 840,6–844,4 м.

В скважине № 29-Р подошва нижнего газонасыщенного пропластка определена на а.о. минус 846,1 м, кровля водонасыщенного – на а.о. минус 855,6 м. В скважине № 226-П подошва газонасыщенного коллектора имеет а.о. минус 831 м, кровля водонасыщенного – а.о. минус 846,6 м. В скважине № 227-П уровень ГВК установлен на а.о. минус 840,4–848,8 м.

В проницаемой части газоводяной контакт вскрыт бурением в скважине № 43-Р на а.о. минус 845,9 м, что не противоречит данным других скважин.

Газоводяной контакт залежи пласта Т₁₋₂ принят на а.о. минус 847,0 ± 3 м.

Эффективные толщины в скважинах изменяются от 11,3 м (скважина № 12-П) до 41,7 м (скважина № 42), газонасыщенные – от 4,9 м (скважина № 5-Р) до 41,7 м (скважина № 42).

Залежь пластовая сводовая, размеры её в границах принятого контура газоносности составляют 80,1 x 10,2 – 19,0 км, высота – 142,4 м.

Геолого-физические характеристики продуктивных пластов

и их свойств на Южно-Русском месторождении

Сеноманская залежь

Целью проведённого комплекса гидродинамических исследований скважин было получение и уточнение следующих характеристик: характера насыщения пород, положения ГВК, продуктивности, гидропроводности, режима работы и гидрогеологической обстановки залежей месторождения.

Пласт ПК₁ охарактеризован испытанием 25 объектов, выполненных в 23 скважинах. В процессе исследований получено: 20 фонтанов газа, 5 притоков пластовой воды.

Фонтанирующие притоки газа в процессе исследования залежи пласта ПК₁ получены в 18 скважинах. Гидродинамические исследования 20 объектов проводились на 4–8 режимах на диафрагмах диаметрами 6,0–38,1 мм при пластовых депрессиях 0,01–9,06 МПа. Дебиты газа по объектам варьируют в пределах от 52,3 (скважина № 38 на 6 мм диафрагме) до 983,7 (скважина № 19 на 38 мм диафрагме) тыс. м³/сут. Полученные результаты соответствуют насыщению, определённом по интерпретации ГИС. Газ сухой. В скважинах №№ 36 и 104 провели газоконденсатные исследования через сепаратор на штуцерах диаметром 12,0–15,0 мм, признаков конденсата и воды не обнаружено. Абсолютно-свободные дебиты газа по объектам изменяется от 1102,0 тыс. м³/сут. (скважина № 104) до 7588,0 тыс. м³/сут. (скважина № 23).

Не переливающие притоки пластовой воды получены в скважинах №№ 5, 7, 9, 11 и 29.

В скважинах №№ 5, 7 и 11 не переливающие притоки пластовой воды получены при освоении пласта в процессе бурения, что не противоречит характеристике по ГИС. Исследования проведены в трёх объектах при помощи комплекта испытательных инструментов КИИ-146. Дебиты воды составили соответственно 245,0, 101,5 и 204,0 м³/сут. при среднединамических уровнях 660, 88 и 463 м.

Не переливающий приток пластовой воды получен в скважине № 29 при испытании интервала 992–997 м (а.о. – 929,2 ÷ 934,2 м), водонасыщенного по ГИС. Дебит воды составил 3,5 м³/сут. при среднединамическом уровне 90,5 м.

В скважине № 9 пласт ПК₁ испытан совместно с пластом. В результате совместного исследования объектов в интервалах 962–966 м (а.о. – 925,6 ÷ 929,6 м) и 1426–1444 м (а.о. – 1389,5 ÷ 1407,5 м) получен приток пластовой воды дебитом 100,2 м³/сут. при среднединамическом уровне 99,0 м. По интерпретации ГИС коллектора пластов ПК₁ и в интервалах испытания характеризуются как водонасыщенные, о чём свидетельствуют результаты испытания.

Работы по интенсификации притока и РИР в процессе испытания разведочных скважин не проводились.

По результату анализа испытания разведочных скважин сеноманский коллектор является высокопроницаемым с начальным средневзвешенным пластовым давлением 9,2 МПа.

Результаты газодинамических исследований пласта ПК₁ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты газодинамических исследований залежей и пластов Южно-Русского месторождения (пласт ПК₁)

№№ n/n	Параметр	Залежь	Всего
1	Начальное пластовое давление		
	количество скважин	175	175
	количество определений	563	563
	минимальное значение, МПа	8,25	8,25
	максимальное значение, МПа	10,09	10,09
	среднее значение, МПа	8,99	8,99
2	Начальная температура		
	количество скважин	172	172
	количество определений	247	247
	минимальное значение, °С	15	15
	максимальное значение, °С	27	27
	среднее значение, °С	18,73	18,73
3	Коэффициент проницаемости		
	количество скважин	–	–
	количество определений	–	–
	минимальное значение, 10 ⁻³ мкм ²	–	–
	максимальное значение, 10 ⁻³ мкм ²	–	–
	среднее значение, 10 ⁻³ мкм ²	–	–

Окончание таблицы 2

4	Коэффициент фильтрационного сопротивления А		
	количество скважин	163	163
	количество определений	165	165
	минимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.)	0,02	0,02
	максимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.)	4,3	4,3
	среднее значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.)	0,49	0,49
5	Коэффициент фильтрационного сопротивления В		
	количество скважин	163	163
	количество определений	165	165
	минимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.) ²	0,00002	0,00002
	максимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.) ²	0,03254	0,03254
	среднее значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.) ²	0,00094	0,00094

Туронская залежь

Целью проведённого комплекса гидродинамических исследований скважин было получение и уточнение следующих характеристик: характера насыщения пород, положения ГВК, продуктивности, гидропроводности, режима работы и гидрогеологической обстановки залежей месторождения.

Результаты газодинамических исследований пласта Т₁₋₂ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты газодинамических исследований залежей и пластов Южно-Русского месторождения (пласт Т₁₋₂)

№№ n/n	Параметр	Залежь	Всего
1	Начальное пластовое давление		
	количество скважин	24	24
	количество определений	54	54
	минимальное значение, МПа	4,53	4,53
	максимальное значение, МПа	11,1	11,1
	среднее значение, МПа	9,42	9,42
2	Начальная температура		
	количество скважин	23	23
	количество определений	39	39
	минимальное значение, °С	9	9
	максимальное значение, °С	21	21
	среднее значение, °С	15	15
3	Коэффициент проницаемости		
	количество скважин	–	–
	количество определений	–	–
	минимальное значение, 10 ⁻³ мкм ²	–	–
	максимальное значение, 10 ⁻³ мкм ²	–	–
	среднее значение, 10 ⁻³ мкм ²	–	–
4	Коэффициент фильтрационного сопротивления А		
	количество скважин	19	19
	количество определений	29	29
	минимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.)	0,7	0,7
	максимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.)	302,8	302,8
	среднее значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.)	83,4	83,4
5	Коэффициент фильтрационного сопротивления В		
	количество скважин	19	19
	количество определений	29	29
	минимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.) ²	0,0022	0,0022
	максимальное значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.) ²	26,04	26,04
	среднее значение, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.) ²	2,83	2,83

В таблице 4 представлена геолого-физическая характеристика продуктивных пластов Южно-Русского НГКМ.

Таблица 4 – Геолого-физическая характеристика продуктивных пластов Южно-Русского НГКМ

№№ n/n	Параметры	Продуктивные пласты	
		T ₁₋₂	ПК ₁
1	Средняя глубина залегания кровли, м	706,6–836,7	808,5–906,0
2	Абсолютная отметка ВНК, м	–	–
3	Абсолютная отметка ГНК, м	–	–
4	Абсолютная отметка ГВК, м	– 847±3	– 912
5	Тип залежи	пластово-сводовая	массивная
6	Тип коллектора	терригенный	терригенный
7	Площадь нефтегазоносности, тыс. м ²	1184265	696363
8	Средняя общая толщина, м	–	–
9	Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина, м	–	–
10	Средняя эффективная газонасыщенная толщина, м	18,4	34,8
11	Средняя эффективная водонасыщенная толщина, м	–	–
12	Коэффициент пористости, доли ед.	0,29	0,33
13	Коэффициент нефтенасыщенности ЧНЗ, доли ед.	–	–
14	Коэффициент нефтенасыщенности ВНЗ, доли ед.	–	–
15	Коэффициент нефтенасыщенности пласта, доли ед.	–	–
16	Коэффициент газонасыщенности пласта, доли ед.	0,48	0,75
17	Проницаемость, 10 ⁻³ мкм ²	13,3	587,8
18	Коэффициент песчанности, доли ед.	–	–
19	Расчленённость, ед.	–	–
20	Начальная пластовая температура, °С	16,5	19,8
21	Начальное пластовое давление, МПа	9,8	9,2
22	Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа · с	–	–
23	Плотность нефти в пластовых условиях, г/см ³	–	–
24	Плотность нефти в поверхностных условиях, г/см ³	–	–
25	Объёмный коэффициент нефти, доли ед.	–	–
26	Содержание серы в нефти, %	–	–
27	Содержание парафина в нефти, %	–	–
28	Давление насыщения нефти газом, МПа	–	–
29	Газосодержание, м ³ /т	–	–
30	Давление начала конденсации, МПа	–	–
31	Плотность конденсата в стандартных условиях, г/см ³	–	–
32	Вязкость конденсата в стандартных условиях, мПа · с	–	–
33	Потенциальное содержание стабильного конденсата в газе (C ₅₊), г/м ³	–	–
34	Содержание сероводорода, %	–	–
35	Вязкость газа в пластовых условиях, мПа · с	0,0139	0,0137
36	Плотность газа в пластовых условиях, кг/м ³	80,2	72,6
37	Коэффициент сверхсжимаемости газа, доли ед.	0,830	0,848
38	Вязкость воды в пластовых условиях, мПа · с	0,79	0,82
39	Плотность воды в поверхностных условиях, г/см ³	1003	1003
40	Сжимаемость, 1/МПа · 10 ⁻⁴		
41	нефти	–	–
42	воды	2,810	2,810
43	породы	0,360	0,360
44	Коэффициент вытеснения (водой), доли ед.	–	–
45	Коэффициент вытеснения (газом), доли ед.	–	–
46	Коэффициент продуктивности, м ³ /сут. · МПа	–	–
47	Коэффициенты фильтрационных сопротивлений:		
48	A, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.)	–	–
49	B, МПа ² /(тыс. м ³ /сут.) ²	–	–

Сеноманская залежь

По пласту ПК₁ Южно-Русского месторождения в 2006 году проведено уточнение геологической модели и подсчёт запасов свободного газа. После 2006 года исследованы составы свободного газа, отобранные из скважин №№ 21-П, 36-Р и 38-ПО, которые учтены при расчёте средних значений.

Ввиду отсутствия или незначительного содержания в пробах газа тяжёлых углеводородов (C_{5+B}), газ пласта ПК1 является «сухим», бесконденсатным.

Потенциальное содержание в газе этана, пропана, бутанов не определялось ввиду некондиционного содержания этана (менее 3 % мольных).

Принятый состав пластового газа пласта ПК₁ Южно-Русского месторождения приведён в таблице 5.

Таблица 5 – Свойства свободного газа, средний компонентный состав газа и конденсата Южно-Русского месторождения (пласт ПК₁)

Компоненты	Состав газа (% мол.)
	пласт ПК ₁
Метан CH_4	98,41
Этан C_2H_6	0,074
Пропан C_3H_8	0,006
Изобутан iC_4H_{10}	0,016
Нормальный бутан nC_4H_{10}	0,002
Изопентан iC_5H_{12}	–
Нормальный пентан nC_5H_{12}	–
Гексаны C_6H_{14}	–
Гептаны C_7H_{16}	–
Октаны C_8H_{18}	–
Нонаны C_9H_{20}	–
Деканы + вышекипящие $C_{10}H_{22+}$	–
Азот N_2	1,141
Двуокись углерода CO_2	0,308
Сероводород H_2S	–
Меркаптаны RSH	–
Гелий He	0,012
Ar	0,011
H_2	0,02
CO	–
Молекулярная масса, кг/моль	16,28
Плотность газа, кг/м ³	0,6773
Коэффициент сжимаемости газа, доли ед.	–
Вязкость газа, мПа · с	–
Пентан + вышекипящие C_{5+}	–
Молекулярная масса, кг/моль	–
Плотность, кг/м ³	–
Потенциальное содержание C_{5+}	–
Среднее давление, МПа	4,59
Средняя температура, °С	– 82,91
Количество скважин	16
Количество определений	21

Туронская залежь

По пласту Т₁₋₂ Южно-Русского месторождения в 2006 году проведено уточнение геологической модели и подсчёт запасов свободного газа.

В 2008 году по результатам исследования скважин №№ 35-Р и 170н выполнен оперативный подсчёт запасов пластов Т₁ и Т₂.

К 2010 году дополнительно проведены исследования скважины № 46-ПО, по которой отобраны и исследованы пробы газа сепарации.

К настоящему моменту дополнительно изучены пробы свободного газа из скважин №№ 42-Р и 47-ПО.

Ввиду отсутствия или незначительного содержания в газе конденсата, он принят «сухим», средним по кондиционным пробам свободного газа и газа сепарации (ввиду отсутствия конденсата в сепараторе пробы газа сепарации приняты идентичными пробам свободного газа). Потенциальное содержание в газе этана, пропана, бутанов не определялось ввиду некондиционного содержания этана (менее 3 % мольных).

Принятый состав пластового газа пласта Т₁₋₂ Южно-Русского месторождения приведён в таблице 6.

Таблица 6 – Свойства свободного газа, средний компонентный состав газа и конденсата Южно-Русского месторождения (пласт Т₁₋₂)

Компоненты	Состав газа (% мол.)
	пласт Т ₁₋₂
Метан СН ₄	98,117
Этан С ₂ Н ₆	0,695
Пропан С ₃ Н ₈	0,013
Изобутан iС ₄ Н ₁₀	0,003
Нормальный бутан nС ₄ Н ₁₀	0,006
Изопентан iС ₅ Н ₁₂	–
Нормальный пентан nС ₅ Н ₁₂	–
Гексаны С ₆ Н ₁₄	–
Гептаны С ₇ Н ₁₆	–
Октаны С ₈ Н ₁₈	–
Нонаны С ₉ Н ₂₀	–
Деканы + вышекипящие С ₁₀ Н ₂₂₊	–
Азот N ₂	0,833
Двуокись углерода CO ₂	0,306
Сероводород H ₂ S	–
Меркаптаны RSH	–
Гелий He	0,006
Ar	0,005
H ₂	0,000
CO	–
Молекулярная масса, кг/моль	16,34
Плотность газа, кг/м ³	0,6802
Коэффициент сжимаемости газа, доли ед.	–
Вязкость газа, мПа · с	–
Пентан + вышекипящие С ₅₊	0,017
Молекулярная масса, кг/моль	–
Плотность, кг/м ³	–
Потенциальное содержание С ₅₊	–
Среднее давление, МПа	4,6
Средняя температура, °С	– 81,92
Количество скважин	14
Количество определений	28

Текущее состояние эксплуатационного и наблюдательного фонда скважин

По состоянию на 01.01.2021 г. общий фонд сеноманских скважин составляет 169 скважин (рис. 3), из которых 142 эксплуатационных (22 куста по 3 скважины и 19 кустов по 4 скважины), 18 контрольных (наблюдательные: №№ 1Н, 2Н, 40н, 210н, 360н, 390н, 1н, 2н, 3н, 4н, 5н, 6н, 7н, 8н, 9н, 10н, Р-39 и Р-113), 3 специальных (поглощающие: 1ПГЛ, 2ПГЛ и 3ПГЛ), 6 скважин в ликвидации (№№ 36Р, 37ПО, 38ПО, 43Р, 46ПО и 47ПО).

Из эксплуатационного фонда 142 ед. на 01.01.2021 г. 3 скважины (№№ 381, 382 и 383) находятся в бездействии. Скважины №№ 382 и 383 закрыты по причине обводнения, скважина № 381 – неэффективное ГТМ (табл. 7).

На рисунке 4 представлена схема размещения скважин сеноманской газовой залежи Южно-Русского месторождения. Из рисунка видно, что большинство субгоризонтальных скважин расположено в периферийных частях залежи, в которых средняя эффективная толщина ниже, чем в центральной части, а также по результатам ГИС и ГДИ отмечено преобладание пониженных фильтрационных свойств.



Рисунок 3 – Состояние фонда сеноманских скважин на 01.01.2021 г.

Таблица 7 – Характеристика фонда скважин сеноманской залежи Южно-Русского месторождения

Характеристика фонда		Количество скважин, ед.
Добывающие газовые скважины		142
в том числе	действующие	139
	бездействующие	3
	в ожидании подключения	–
	в ожидании освоения	–
Контрольные скважины		18
в том числе	наблюдательные газовые	16
	поглощающие	2
	поисковые и разведочные	–
	в консервации	–
	ликвидированные	–
Специальные (поглощающие) скважины		3
в том числе	действующие	2
	бездействующие	1
	ликвидированные	–
Поисковые и разведочные скважины		6
в том числе	в консервации	–
	ликвидированные	6
Всего на балансе организации		169

Для более детального анализа основных показателей разработки выделены пять эксплуатационных зон залежи (рис. 4):

- I (северная) зона включает в себя скважины кустов №№ 1–4 и 39–41;
- II (центрально-северная) зона включает в себя скважины кустов №№ 5–12;
- III (центральная) зона включает в себя скважины кустов №№ 13–22;
- IV (южно-центральная) зона включает в себя скважины кустов №№ 23–26 и 28–29;
- V (южная) зона включает в себя скважины кустов №№ 27 и 30–38

Зоны II и III отличаются более высокими ФЕС и характеризуют область наибольшей плотности запасов. В отдельные зоны выделены наиболее удалённые участки залежи (северная и южная зоны), для которых характерны наибольшие потери пластовой энергии в газосборной сети. В районе ППЮМ выделены две зоны (южная и южно-центральная), скважины которых одинаково удалены от УКПГ, однако режимы работы которых отличаются друг от друга из-за значительной изменчивости свойств пласта.

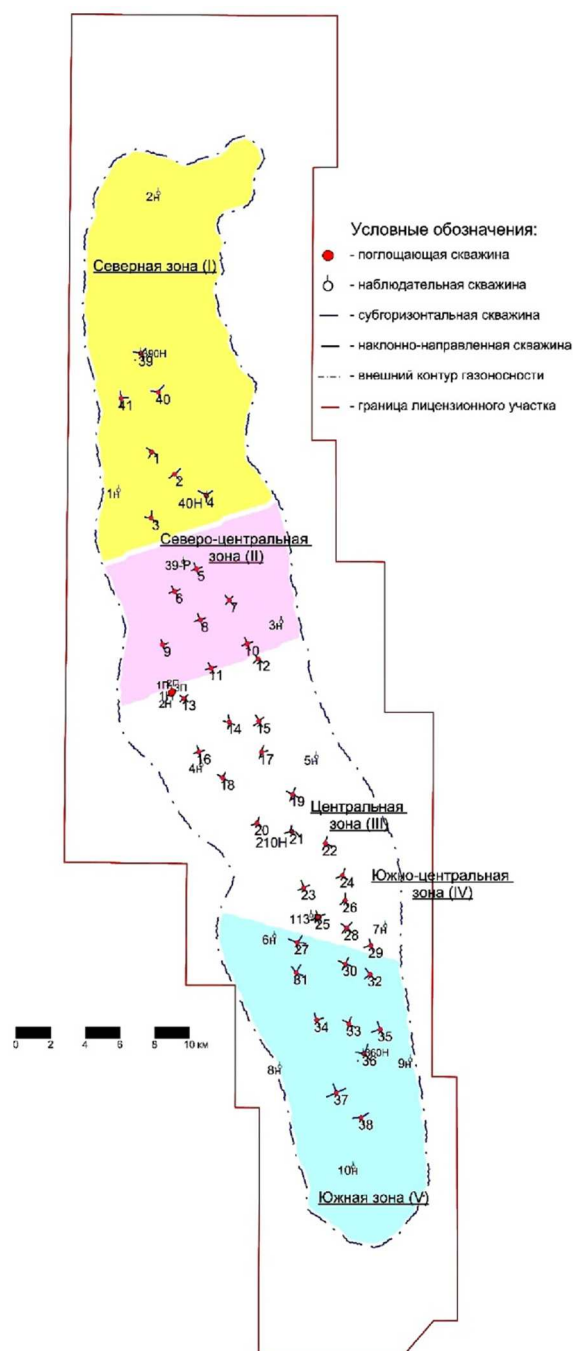


Рисунок 4 – Схема размещения эксплуатационных скважин сеноманской газовой залежи Южно-Русского месторождения

Литература

1. Булатов А.И. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2013–2014. – Т. 1–4.
2. Булатов А.И. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, О.В. Савенок, Р.С. Яремийчук. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
4. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
5. Ладенко А.А., Савенок О.В. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.

6. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
7. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГУ», 2019. – 275 с.
8. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
9. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учеб. пособие: в 2 частях. – Ухта: Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
10. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.
11. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В., Джозефс Эджемен Рэйчел. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33–50.
12. Григулецкий В.Г. Опытные-промышленные работы при цементировании обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения // Нефтегазовые технологии. – 2007. – № 11. – С. 2–14.
13. Григулецкий В.Г. Обводнение месторождений – коренной вопрос современности российского нефтегазового дела // Нефть, газ и бизнес. – 2007. – № 5. – С. 19–28.
14. Григулецкий В.Г., Петреску В.И. Повышение эффективности цементирования обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения (часть I) // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2008. – № 1. – С. 40–50.
15. Григулецкий В.Г., Петреску В.И. Повышение эффективности цементирования обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения (часть II) // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2008. – № 2. – С. 43–49.
16. Анализ изменения текущей газонасыщенности на Южно-Русском месторождении / А.В. Демков [и др.] // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 5. – С. 103–110.
17. Карпов М.А. Способ совместной эксплуатации сеноманской и туронской залежей Южно-Русского месторождения // Газовая промышленность. – 2016. – № 3 (735). – С. 72–76.
18. Ковалев А.И., Савенок О.В. Прогнозирование показателей разработки Янемдейского нефтяного месторождения при помощи анализа кривых истощения пласта // Инженер-нефтяник. – 2021. – № 2. – С. 24–35.
19. Красовский А.В., Воробьев В.В., Ларин А.В., Дорофеев А.А., Белоус В.Б. Современные технологии газодинамических исследований скважин сеноманской залежи Южно-Русского месторождения // Газовая промышленность. – 2011. – № 5 (659). – С. 46–50.
20. Нигматуллин Р.Р. Особенности разработки туронских залежей газа на Южно-Русском месторождении // European Science. – 2016. – № 3 (13). – С. 102–103.
21. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Стационарный приток нефти к одиночной горизонтальной скважине в анизотропном пласте // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10–12.
22. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С. Анализ эффективности проведения ГРП с целью увеличения газоотдачи на туронских отложениях Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения // Инженер-нефтяник. – 2021. – № 3. – С. 20–26.
23. Поварова Л.В., Приходько М.Г., Савенок О.В. Факторы, обуславливающие экологическую опасность нефтедобычи // «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014»: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодежи (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. – С. 28–32.
24. Савенок О.В. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения / О.В. Савенок, Л.Г. Кусова // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования, 2018. – № 03(6). – С. 97–120.
25. Соловьёва В.Н., Колбунов М.Г., Савенок О.В. Метод разработки нефтяных месторождений с взаимодействующими объектами // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2012. – № 2 (февраль). – С. 62–69.
26. Сопнев Т.В., Бекетов С.Б. Построение цифровой геологической модели и оценка запасов углеводородов Южно-Русского месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2018. – № 1 (4). – С. 1–22.
27. Сопнев Т.В., Бекетов С.Б. Уточнение газогидродинамической модели сеноманской газовой залежи Южно-Русского месторождения // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2–2. – С. 162–173.
28. Сопнев Т.В., Бекетов С.Б. Уточнение эксплуатационной характеристики сеноманской газовой залежи по результатам газодинамических исследований скважин Южно-Русского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 160–174.

29. Цыганков С.Е., Дорофеев А.А., Сопнев Т.В. Особенности опытно-промышленной разработки туронской газовой залежи Южно-Русского месторождения // Газовая промышленность. – 2014. – № 5 (706). – С. 32–34.
30. Анализ выработки запасов газа и конденсата Западно-Ярояхинского лицензионного участка / С.И. Шиян [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2021. – № 9 (633). – С. 5–17.

References

1. Bulatov A.I. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells»: in 4 volumes: textbook / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2013–2014. – Vol. 1–4.
2. Bulatov A.I. Overhaul of oil and gas wells: in 4 volumes / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South, 2012–2015. – Vol. 1–4.
3. 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.
4. Ladenko A.A. Theoretical foundations for the development of oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2020. – 244 p.
5. Ladenko A.A., Savenok O.V. Geophysical surveys of wells in oil and gas fields. – M. : Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
6. Savenok O.V. Oil and gas engineering during well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremychuk. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
7. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
8. Savenok O.V. Ecological aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
9. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: textbook: in 2 parts. – Ukhta : Ukhta State Technical University Publishing House, 2021.
10. Berezovsky D.A., Lavrentiev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling from the point of view of establishing the conditions for the onset of factors complicating mining // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2014. – № 2. – P. 27–33.
11. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V., Josephs Edgeman Rachel. Technologies and principles of development of multilayer deposits // Nauka. Technics. Technologies (polytechnical bulletin). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
12. Griguletsky V.G. Pilot work in cementing casing strings of gas wells of the Pestsovaya area of the Urengoy field // Oil and gas technologies. – 2007. – № 11. – P. 2–14.
13. Griguletsky V.G. Watering of deposits is a fundamental issue of modern Russian oil and gas business // Oil, gas and business. – 2007. – № 5. – P. 19–28.
14. Griguletsky V.G., Petrescu V.I. Improving the efficiency of cementing casing strings of gas wells in the Pestsovaya area of the Urengoy field (part I) // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2008. – № 1. – P. 40–50.
15. Griguletsky V.G., Petrescu V.I. Improving the efficiency of cementing casing strings of gas wells in the Pestsovaya area of the Urengoy field (part II) // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2008. – № 2. – P. 43–49.
16. Analysis of the change in the current gas saturation at the Yuzhno-Russkoye field / A.V. Demkov [et al.] // International Student Scientific Bulletin. – 2017. – № 5. – P. 103–110.
17. Karpov M.A. A method for the joint exploitation of the Cenomanian and Turonian deposits of the Yuzhno-Russkoye field // Gas industry. – 2016. – № 3 (735). – P. 72–76.
18. Kovalev A.I., Savenok O.V. Forecasting indicators of the development of the Yanemdeyskoye oil field using the analysis of reservoir depletion curves // Engineer-Neftyanik. – 2021. – № 2. – P. 24–35.
19. Krasovskii A.V., Vorobyov V.V., Larin A.V., Dorofeev A.A., Belous V.B. Modern technologies of gas-dynamic studies of wells of the Cenomanian deposit of the Yuzhno-Russkoye field // Gas industry. – 2011. – № 5 (659). – P. 46–50.
20. Nigmatullin R.R. Features of the development of Turonian gas deposits at the Yuzhno-Russkoye field // European Science. – 2016. – № 3 (13). – P. 102–103.
21. Nikitin B.A., Griguletsky V.G. Stationary oil inflow to a single horizontal well in an anisotropic reservoir // Neftyanoe khozyaystvo. – 1992. – № 10. – P. 10–12.
22. Petrushin E.O., Arutyunyan A.S. Analysis of the effectiveness of hydraulic fracturing in order to increase gas recovery in the Turonian deposits of the Yuzhno-Russkoye oil and gas condensate field // Engineer-Neftyanik. – 2021. – № 3. – P. 20–26.
23. Povarova L.V., Prikhodko M.G., Savenok O.V. Factors causing the environmental hazard of oil production // «Ecological problems of oil production – 2014»: a collection of proceedings of the IV International scientific and practical conference with elements of a scientific school for youth (October 21–23, 2014, Ufa). – Ufa : Ufa State Petroleum Technical University, 2014. – P. 28–32.

24. Savenok O.V. Oil recovery of the formation and ways of its increase / O.V. Savenok, L.G. Kusova // Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming, 2018. – № 03(6). – P. 97–120.
25. Solovieva V.N., Kolbunov M.G., Savenok O.V. Method of development of oil fields with interacting objects // Territoriya NEFTEGAZ. – 2012. – № 2 (February). – P. 62–69.
26. Sopnev T.V., Beketov S.B. Construction of a digital geological model and assessment of hydrocarbon reserves of the Yuzhno-Russkoye field // Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming. – 2018. – №. 1 (4). – P. 1–22.
27. Sopnev T.V., Beketov S.B. Refinement of the gas-hydrodynamic model of the Cenomanian gas deposit of the Yuzhno-Russkoye field // Bulatovskie readings. – 2018. – Vol. 2–2. – P. 162–173.
28. Sopnev T.V., Beketov S.B. Refinement of the operational characteristics of the Cenomanian gas deposit based on the results of gas-dynamic studies of the wells of the Yuzhno-Russkoye field // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2018. – № 2. – P. 160–174.
29. Tsygankov S.E., Dorofeev A.A., Sopnev T.V. Features of experimental industrial development of the Turonian gas deposit of the Yuzhno-Russkoye field // Gas industry. – 2014. – № 5 (706). – P. 32–34.
30. Analysis of the development of gas and condensate reserves of the Zapadno-Yaroyakhinsky license area / S.I. Shiyan [et al.] // Neftepromyslovoye delo. – 2021. – № 9 (633). – P. 5–17.

УДК 550.812 + 622.276

**ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
И ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЗАПАДНОГО
НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**



**GEOLOGICAL AND FIELD CHARACTERISTICS AND DEVELOPMENT
FEATURES OF THE ZAPADNOYE OIL AND GAS CONDENSATE FIELD**

Смирнов Дмитрий Сергеевич

студент направления подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»,
Ухтинский государственный технический университет
dmitriy_smir@mail.ru

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается геолого-промысловая характеристика участка залежи Западного нефтегазоконденсатного месторождения, которое вытянуто вдоль правого берега реки Печора. Представлены литолого-стратиграфическая характеристика вскрытых отложений, тектоническое строение месторождения, газонефтеносность, фильтрационно-емкостные свойства пород по керну, физико-химическая характеристика газа и конденсата, гидрогеологическая характеристика месторождения. Проанализировано текущее состояние разработки участка массивной газоконденсатной залежи Западного нефтегазоконденсатного месторождения. Описывается характеристика фонда скважин, динамика добычи газа, конденсата, воды по участку залежи, результаты начальной газоконденсатной характеристики. Представлена физико-химическая характеристика «сухого» газа и конденсата, характеристика жидких флюидов. Также проведён анализ способов и режимов эксплуатации скважин и анализ добычи газа по скважинам и в целом по месторождению.

Ключевые слова: геолого-промысловая характеристика месторождения; оценка режима и характера вероятного продвижения пластовых вод; анализ состояния разработки месторождения; динамика добычи газа, воды, конденсата по участку залежи; удельные показатели разработки; геолого-технологические мероприятия; расчёт коэффициента продуктивности.

Smirnov Dmitry Sergeevich

Student Training Direction
21.04.01 «Oil and Gas Engineering»,
Ukhta State Technical University
mateichuklv@gmail.com
dmitriy_smir@mail.ru

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of Development and Operation of Oil
and Gas Fields and Underground
Hydromechanics,
Ukhta State Technical University
olgasavenok@mail.ru

Annotation. The article discusses the geological and production characteristics of the section of the Zapadnoye oil and gas condensate field, which is stretched along the right bank of the Pechora River. The lithological and stratigraphic characteristics of the exposed deposits, the tectonic structure of the field, gas and oil content, filtration and capacity properties of rocks by core, physicochemical characteristics of gas and condensate, hydrogeological characteristics of the field are presented. The current state of development of a section of a massive gas condensate reservoir of the Zapadnoye oil and gas condensate field has been analyzed. The characteristics of the well stock, the dynamics of gas, condensate and water production in the area of the deposit, the results of the initial gas condensate characteristic are described. The physicochemical characteristics of «dry» gas and condensate, the characteristics of liquid fluids are presented. Also, the analysis of the methods and modes of well operation and the analysis of gas production by wells and in the field as a whole was carried out.

Keywords: geological and commercial characteristics of the field; assessment of the regime and nature of the probable movement of formation waters; analysis of the state of field development; dynamics of gas, water, condensate production in the area of the deposit; specific indicators of development; geological and technological activities; calculation of productivity index.

Литолого-стратиграфическая характеристика вскрытых отложений

Скважинами в аллохтонной части вскрыт разрез осадочного чехла, представленный пермскими и каменноугольными отложениями, включая нижнетурнейские слои (скважины №№ 38, 39, 52, 55 и 221). В связи с тем, что основная газоконденсатная залежь приурочена к аллохтонной части разреза, отложения, присутствующие только в автохтоне, характеризуются менее подробно.

Верхний ордовик – O_3 . В скважине № 58 к позднему ордовику с большой долей условности отнесены призабойные 31 м. Керн (1,2 м) представлен глинисто-доломитовой чёрной породой с прослоями и включениями светло-серого (молочного цвета) ангидрита.

Силурийская система – S. Силурийские осадки представлены нижним и верхним отделами.

Нижний отдел – S_1 . Отдел сложен доломитами с редкими прослойками известняков, местами глинистых, и аргиллитов. Вскрытая скважиной № 58 толщина составляет 637 м.

Верхний отдел – S_2 . Породы согласно залегают на нижнесилурийских отложениях и с перерывом перекрываются в погружённых частях площади раннедевонскими образованиями. Нижняя четверть разреза сложена доломитами. Остальная часть представлена известняками и мергелями с прослоями доломитов, алевролитов и аргиллитов. Вскрытая толщина в скважине № 58 равна 341 м.

Девонская система – D. Осадки системы представлены всеми отделами.

Нижний отдел – D_1 . Отложения отдела залегают согласно на верхнесилурийских породах. Нижняя, преобладающая, часть сложена известняками с прослоями аргиллитов, верхняя – 35–40 метровой толщиной доломита. Вскрытая толщина изменяется от 123 м (скважина № 42) до 140 м (скважина № 58).

Средний отдел – D_2 . Отдел сложен породами эйфельского и живетского ярусов, с перерывом залегающими на нижележащих осадках.

Эйфельский ярус – D_{2ef} . Разрез представлен переслаиванием алевролитов, аргиллитов, песчаников и известняков. Толщина изменяется от 225 м (скважина № 58) до 241 м (скважина № 42).

Живетский ярус – D_{2zv} . Ярус выделен в объёме старооскольского надгоризонта. Осадки представлены песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов. Толщина изменяется от 11 м (скважина № 51) до 38 м (скважина № 52).

Верхний отдел – D_3 . Отдел представлен франским и фаменским ярусами.

Франский ярус – D_{3f} . Ярус сложен осадками ниже-, средне- и верхнефранских подъярусов (D_{3f_1} , D_{3f_2} и D_{3f_3}).

Нижнефранский подъярус – D_{3f_1} . В разрезе нижнефранского подъяруса вскрыты нерасчленённые отложения джьерского и тиманского горизонтов. Осадки яранского горизонта отсутствуют.

Продольный геологический разрез по линиям скважин представлен на рисунках 1 и 2.

Джьерский и тиманский горизонты ($D_3dzt + D_3tm$). Осадки залегают трансгрессивно на старооскольских отложениях и сложены аргиллитами и алевролитами с редкими прослоями известняков и песчаников.

Доманиковый горизонт (D_3dm). Горизонт сложен почти чёрными глинистыми известняками, Толщина горизонта колеблется от 19 м (скважина № 58) до 66 м в скважине № 51 и увеличивается к северо-востоку.

Верхнефранский подъярус – D_{3f_3} . Породы представлены известняками, мергелями и аргиллитами. Наблюдается чередование слоёв, иногда очень частое и тонкое. Толщина на площади увеличивается к северу от 30 м (скважина № 58) до 94 м в скважине № 40.

Фаменский ярус – D_{3fm} . Ярус представлен породами ниже- и верхнефаменского подъярусов.

Нижнефаменский подъярус – D_{3fm_1} . Нижняя часть подъяруса сложена мергелями, средняя и верхняя – известняками. Встречаются прослои аргиллита. Вскрытая скважиной № 40 максимальная толщина отложений в автохтоне составляет 248 м.

Верхнефаменский подъярус D_{3fm_2} . Разрез представлен переслаиванием известняков с мергелями и аргиллитами. Вскрытая максимальная толщина в автохтоне равна 222 м в скважине № 40.

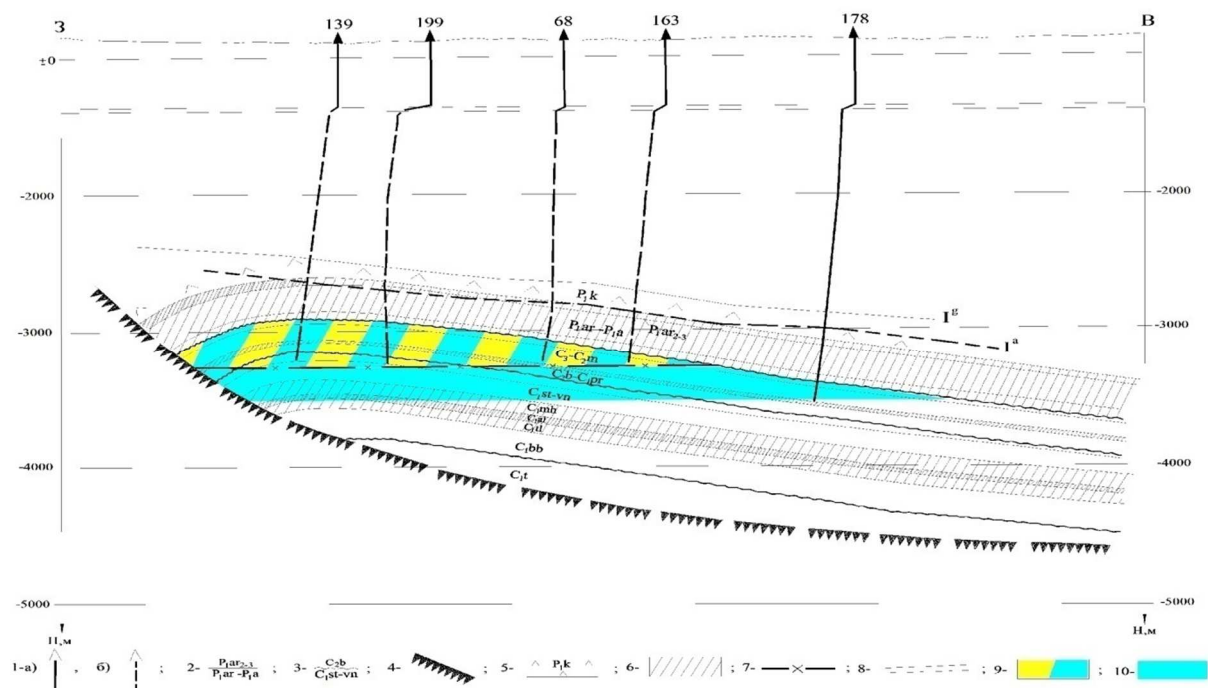


Рисунок 1 – Продольный геологический разрез по линиям скважин №№ 139, 199, 68, 163 и 178:
 1 – скважины пробуренные: а) на профиле, б) снесённые на профиль;
 2 – стратиграфические границы; 3 – перерыв в осадконакоплении;
 4 – линии регионального взбросо-надвига;
 5 – ангидритовая покрывка залежи кунгурского возраста нижней перми;
 6 – терригенные и карбонатно-терригенные породы верхнесартинского подъяруса нижней перми и алексонского горизонта нижнего карбона; 7 – начальный ГВК на отметке – 3316 м;
 8 – отражающие площадки; 9 – «переходная» зона сложного флюидонасыщения; 10 – водонасыщенность

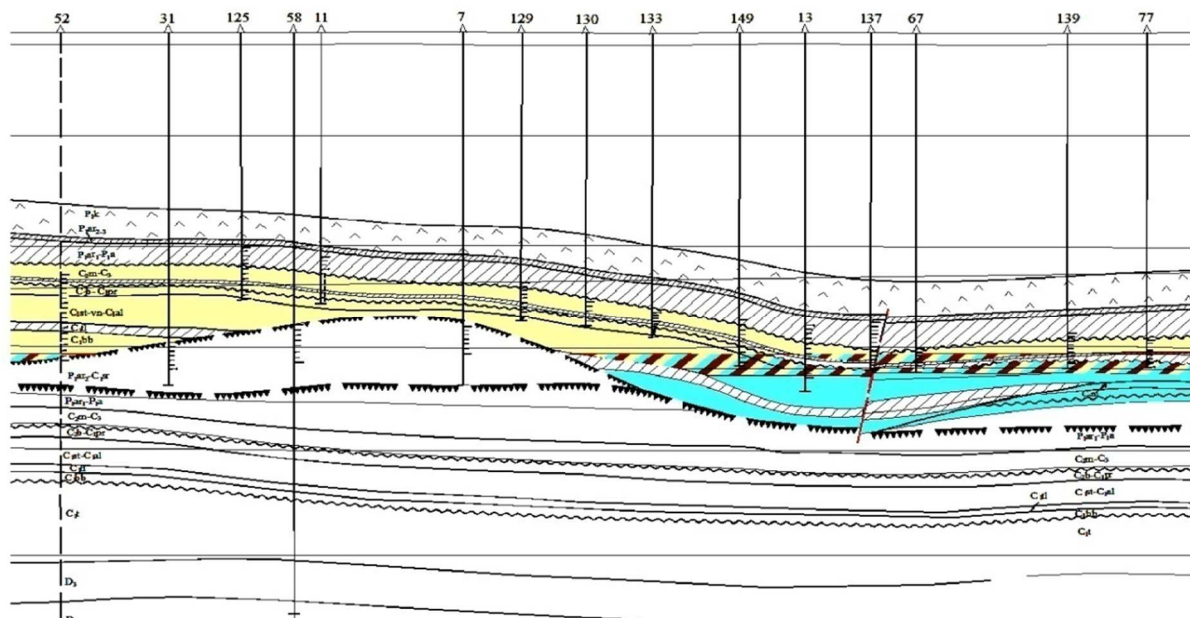


Рисунок 2 – Продольный геологический разрез через скважины №№ 52, 31, 125, 58, 11, 7, 129, 130, 133, 149, 13, 137, 67, 139 и 77: 1 – скважины пробуренные: а) на профиле, б) снесённые на профиль; 3 – стратиграфические границы; 4 – перерыв в осадконакоплении;
 5 – линия регионального надвига; 6 – карбонатно-глинистые породы;
 7 – низкопоровые уплотнённые (неколлекторы) породы; 8 – ангидриты кунгурской покрывки;
 9 – начальный ГВК на отметке – 3316 м; 10 – водонасыщенность;
 11 – «переходная» зона сложного флюидонасыщения

Каменноугольная система – С. Отложения каменноугольной системы представлены осадками всех отделов.

Нижний отдел – C_1 . Отдел сложен породами турнейского, визейского и серпуховского ярусов.

Турнейский ярус – C_1t . Ярус сложен отложениями нижнего и верхнего подъярусов.

Нижнетурнейский подъярус – C_1t_1 . Отложения подъяруса представлены тёмно-серыми и серыми, часто глинистыми известняками с прослоями доломитов и аргиллитов.

Толщина отложений подъяруса автохтонной части разреза в среднем составляет 610 м, в аллохтоне максимально вскрытая толщина составила 593 м в скважине № 50.

Верхнетурнейский подъярус – C_1t_2 . Разрез сложен толщей известняков органо-генно-детритовых, обломочных, неравномерно глинистых, массивных, часто перекристаллизованных. Встречаются прослои доломитов.

Толщина подъяруса в автохтоне составляет в среднем 146 м при колебаниях от 76 м (скважина № 226) до 486 м в скважине № 50. В аллохтоне полностью вскрытая скважинами толщина равна 84 м (скважина № 42) и 133 м (скважина № 38), а в скважине № 221 не полностью пройденная толща достигла 637 м. Данное обстоятельство, возможно, связано со сдвоением разреза.

Визейский ярус – C_1v . Отложения визейского яруса с размывом залегают на турнейских и представлены осадками ниже- и верхневизейского подъярусов.

Нижневизейский подъярус – C_1v_1 . Разрез подъяруса представлен осадками кожимского надгоризонта.

Кожимский надгоризонт – ($C_1kž$) выделен в объёме бобриковского горизонта.

Толщина отложений бобриковского горизонта составляет по автохтонной части разреза в среднем 134 м (123-145 м), в аллохтонной – 157 м при колебаниях от 30 м (скважина № 224) до 226 м (скважины №№ 39 и 221) и при не полностью вскрытом разрезе на южном куполе до 320 м (скважина № 231).

Верхневизейский подъярус – C_1v_2 . Разрез подъяруса представлен осадками окского надгоризонта.

Окский надгоризонт – (C_1ok). Надгоризонт выделен в объёме Тульского, Алексинского, Михайловского и Веневского горизонтов.

Тульский горизонт – C_1tl . Разрез горизонта сложен известняками глинистыми, тёмно-серыми, мелкокристаллическими, плотными, довольно крепкими, переходящими в мергель почти чёрный с прослоями тёмно-серых аргиллитов, в основном тонкослоистых, пиритизированных. Отмечается доломитизация, часто развитая трещиноватость и наличие углистых включений.

Толщина горизонта в среднем составляет 55 м в автохтонной части разреза, в аллохтонной – 72 м при вариациях от 50 м (скважина № 58) до 161 м (скважина № 52) и в скважине № 59 частично вскрытая толщина составляет 388 м, что может быть связано с расположением её на крутопадающем западном крыле надвига.

Алексинский горизонт – C_1al . Отложения представлены толщей переслаивающихся пестроцветных аргиллитов и алевролитов неизвестковистых, слоистых, с прослоями известняков чаще глинистых и доломитов от мелко- до крупнокристаллических, с многочисленными остатками микрофауны и песчаников кварцевых, мелкозернистых. Толщина отложений алексинского горизонта в среднем составляет 33 м при вариациях от 16 м (скважина № 41) до 69 м (скважина № 157).

Михайловский горизонт – C_1mh . Отложения представлены известняками серыми, местами с кремовым и буроватым оттенками, мелко-, среднекристаллическими, часто доломитизированными, местами глинистыми, с включениями ангидритов и доломитами коричневато-серыми, тонко-, мелко- и среднекристаллическими, пористыми, мелкокавернозными, плотными, крепкими, сульфатизированными, с сутурами.

Толщина отложений горизонта в среднем составляет 111 м по аллохтонной части разреза, при колебаниях её от 86 до 185 м.

Веневский горизонт – C_1vn . Отложения горизонта не расчленены с вышележающими породами серпуховского яруса нижнего отдела.

Серпуховский ярус – C_1s . В разрезе выделены нижний и верхний подъярусы.

Нижнесерпуховский подъярус – C_1s_1 . Осадки представлены нерасчленёнными отложениями веневского (относятся к C_1v_2), тарусского и стешевского горизонтов.

Веневский + Тарусский + Стешевский горизонты – $C_1vn + tr + st$. Рассматриваемые горизонты сложены мощной толщей известняков серых, коричневато-серых, мелко- и среднекристаллических, крепких, часто доломитизированных, перекристаллизо-

ванных, и доломитов коричневато-серых, микрокристаллических, крепких, массивных, пористых и сульфатизированных с редкими прослоями чёрных аргиллитов. В приповерхностной части встречаются прослои кварцевых песчаников и алевролитов. Толщина отложений составляет в среднем 146 м.

Верхнесерпуховский подъярус – C_1s_2 . Подъярус выделен в объёме протвинского горизонта.

Протвинский горизонт – C_1rg . Отложения представлены известняками светло- и тёмно-серыми, кремеватыми, в верхней части разреза красными, зеленоватыми, от мелко- до крупнокристаллических, крепкими, массивными, пористыми, нередко доломитизированными, и реже доломитами светло-серыми, кремевыми, местами тёмно-серыми, мелко- и среднекристаллическими, крепкими, сульфатизированными, прослоями мелкокавернозными и пористыми, с прослойками тёмно-коричневых аргиллитов и мергелей. Толщина отложений протвинского горизонта в среднем составляет 40 м при изменениях от 20 до 68 м.

Средний отдел – C_2 . Осадки с перерывом залегают на эрозионной поверхности отложений протвинского горизонта и представлены породами башкирского и московского ярусов.

Башкирский ярус – C_2b . Разрез яруса сложен преимущественно доломитами и известняками светло-серыми с буроватым оттенком, реже серыми, органогенно-детритовыми крепкими, мелкокристаллическими, часто перекристаллизованными, местами брекчиевидными и глинистыми, со стяжками кремня и гнёздами ангидрита, встречаются переходные разности основных пород. Участками доломиты преобладают в разрезе (скважины №№ 7, 28 и 33). Наблюдаются прослои аргиллитов кремневых, местами пестроцветных. Местами развиты окремнение и трещиноватость. Толщина отложений яруса составляет в среднем 50 м и возрастает с севера на юг.

Московский ярус – C_2m . Практически весь разрез яруса представляет собой единую пачку высокопористых пород – доломитов и известняков.

Известняки светло-серые с кремевым оттенком, коричневато-серые, мелко-среднекристаллические, пористые, доломитизированные, местами с сутурами и обилием микрофауны. Доломиты светлые с кремевым оттенком, почти белые, от мелко- до среднекристаллических, реликтово-органогенной обломочной структуры, пористые и мелкокавернозные, массивные, крепкие, выщелоченные, трещиноватые.

В основании залегают пачка глинистых, серых, тёмно-серых известняков иногда с тонким переслаиванием более светлых разностей известняков и доломитов, с прослоями глин (до трёх-четырёх) толщиной от 0,5 до 6 м. Толщина яруса колеблется от 106 до 257 м, составляя в среднем 140 м.

Верхний отдел – C_3 . Разрез верхнего отдела представлен в неполном объёме и выделяется условно, так как не имеет чёткой фаунистической привязки. Сложен детритовыми и органогенно-обломочными известняками, серыми и тёмно-серыми, мелкокристаллическими, массивными, пористыми, местами доломитизированными и глинистыми доломитами, серыми, пелитоморфными, массивными, крепкими. Развита трещиноватость, стилолиты, отмечается окремнение. Толщина отложений отдела составляет в среднем 25 м.

Пермская система – P . Отложения пермской системы с перерывом залегают на известняках верхнего карбона и представлены осадками нижнего и верхнего отделов.

Нижний отдел – P_1 . Отдел выделен в полном объёме. Толщина осадков отдела резко увеличивается в южном направлении, в основном за счёт кунгурских пород с 380–425 м (скважины №№ 89 и 90) до 823–941 м (скважины №№ 26 и 25).

Ассельский ярус – P_1a . Отложения яруса с перерывом залегают на известняках верхнего карбона и представлены известняками, в основном глинистыми, тёмно-серыми, органогенно-детритовыми с прослоями доломитов серых, пелитоморфных, и тёмно-серых алевролитов и аргиллитов. В нижней части разреза породы пестроцветные. Толщина отложений яруса в среднем составляет 57 м.

Сакмарский ярус – P_1s . Отложения сложены известняками серыми, тёмно-серыми, пылеватыми, мелко- и среднекристаллическими, прослоями глинистыми, местами доломитизированными и переходящими в доломиты аналогичных цветов, тонкокристаллические. Встречаются прослои мергелей и аргиллитов. Породы интенсивно окремнённые, широко развиты трещины шириной до 1–3 мм.

Толщина отложений сакмарского яруса составляет в среднем 123 м.

Артинский ярус – P_{1ar} . Ярус представлен осадками нижнего (карбонатная толща) и верхнего (терригенная толща) подъярусов.

Нижнеартинский подъярус – P_{1ar_1} . Разрез слагают известняки серые, тёмно-серые, глинистые, детритовые, местами окремнённые, вверх по разрезу переходящие в мергели.

Толщина осадков подъяруса в среднем составляет 93 м по аллохтонной части разреза, в автохтоне данные отложения срезаны надвиговым нарушением в большинстве скважин.

Верхнеартинский подъярус – P_{1ar_2} . Отложения представлены аргиллитами и алевролитами темно-серыми, местами известковистыми, с прослоями известняков тёмно-серых, глинистых и мергелей. Породы участками загипсованные и пиритизированные. В нижней части разреза залегают тёмно-серые мергели и глинистые крепкие известняки. Толщина отложений подъяруса составляет по аллохтону в среднем 62 м.

Кунгурский ярус – P_{1k} . Литологически ярус представлен белыми, серыми или бесцветными, слегка голубоватыми ангидритами и глинами с прослоями серых аргиллитов, песчаников и алевролитов сильно сульфатизированных и с включениями ангидритов. Встречаются редкие прослои известняков и линзы гипса. Толща является флюидопором.

Верхний отдел – P_2 . Разрез представлен нерасчленёнными отложениями уфимского, казанского и татарского ярусов ($P_{2u} + kz + t$).

Тектоническое строение месторождения

Согласно схеме тектонического районирования осадочного чехла Тимано-Печорской провинции Западная структура расположена в пределах западной части одноимённой тектонической пластины (структура II порядка), находящейся в северной части внутренней зоны Верхнепечорской впадины (структура I порядка) Предуральского прогиба.

Разрез осадочного чехла Западного месторождения характеризуется наличием двух структурных этажей: верхнего аллохтонного и нижнего автохтонного. С валобразной складкой верхнего этажа связана нижнепермско-каменноугольная нефтегазоконденсатная залежь, являющаяся объектом исследования в данной статье.

Западная структура является принадлежковой фронтальной складкой. Морфологически она представлена сложнопостроенной узкой, длинной, высокоамплитудной, асимметричной антиклиналью субмеридионального простираения. Региональный надвиг осложняет западное крыло структуры.

В 3–4 км к западу плоскость надвига на незначительном протяжении (~ 1 км) выполаживается перед переходом в крутую (50–60°) фронтальную зону. Амплитуда смещения подошвы верхнетурнейских отложений составляет порядка 50–100 м. По кровле турнейских отложений за счёт увеличения мощности верхнетурнейской толщи превышение аллохтонной части разреза над автохтонной составляет 700–800 м. Кровля карбонатных отложений нижней перми в своде Нижненикольской структуры залегает выше, чем в автохтоне на 1000 м и более. Вместе с тем горизонтальное перекрытие одноимённых границ находится в обратном соотношении: большее перекрытие отмечается по кровле турнейских отложений, которое происходит на участке более пологого залегания плоскости надвига, и достигает 9–10 км. Более молодые отложения во фронтальной зоне надвига интенсивно смяты. Их горизонтальное перемещение, конечно же, не меньше, но перекрытие в плане уменьшается до 2–1 км.

Газонефтеносность

Промышленные притоки газа получены практически во всех скважинах, интервалы опробования которых находятся между подошвой кунгурского яруса и поверхностью газоводяного контакта (ГВК).

Максимальные дебиты были приурочены к московской части разреза. Средними дебитами характеризуется бобриковская часть разреза. Пермские объекты в большинстве скважин (кроме скважин №№ 2 и 3) оказались «сухими» или, в лучшем случае, были получены слабые притоки.

Наиболее низкая отметка, с которой получен приток «сухого» газа – минус 3390 м (скважина № 15), а отметка кровли интервала, давшего воду без газа и нефти, – минус 3314 м (скважина № 32). По обобщённым результатам опробования за уровень раздела газа и воды была принята отметка – 3350 м.

Следует отметить, что обе отметки (– 3314 и 3350 м) являются в значительной мере условными, поскольку газосодержащие пласты вскрыты отдельными скважинами как выше, так и ниже ГВК.

Параметры продуктивных пластов (горизонтов) по керну и ГИС.

Фильтрационно-емкостные свойства пород по керну

Коллекторские свойства, газо- и нефтенасыщенность продуктивных пластов оценивались различными методами: по керну, результатам геофизических и гидродинамических исследований.

На стадии разведки месторождения вынос керна в наиболее охарактеризованных отложениях составлял: верхний карбон и московский ярус – 24,4 %, башкирско-протвинские отложения – 8,5 % и нижнесерпуховский ($C_{1st} + tr$) и верхневизейский подъярус ($C_{1vn} + mh$) – 27,4 %.

Наилучшую освещённость эффективных толщин представительным керном имеют верхний карбон и московский ярус: 5,3 и 1,3 образца на 10 м эффективной толщины.

Исследования керна проводились по стандартной методике путём насыщения образцов керосином. В качестве граничного значения пористости для высокопористых коллекторов принято 6 %. Из отложений карбонатной части разреза нижней перми в керне встречено лишь два образца с пористостью более 6 и 14,5 %.

Из бобриковских отложений проницаемый керн не поднят. По литологическому составу и глубине залегания породы горизонта весьма близки к III пласту эйфельского яруса Пашнинского месторождения. Пористость принималась по аналогии равной 11 %.

Средняя пористость поровых коллекторов водонасыщенной части, определённая по 10 образцам, составляет 11,9 %.

Помимо межгранулярной пористости оценивалась ещё и трещиноватая. Для её определения применялось несколько методов: инъекции ртути (32 опр.), сравнение абсолютной и открытой пористости (71 опр.), вычисление пористости трещин по данным определений остаточной воды прямым методом (36 опр.). Полученные разными методами результаты однозначны (0,69–0,72 %), среднее значение трещинной пористости вполне уверенно принято равным 0,7 %.

Пористость по ГИС на стадии разведки месторождения оценивалась по данным НГК, в дальнейшем для её определения привлекался метод АК. За основу принимался метод НГК как наиболее достоверный. Во всех случаях пористость по ГИС оказалась ниже, чем по керну. Расхождения могут быть связаны как с тем, что образцы керна исследовались в атмосферных условиях, так и с тем, что определениями по ГИС охвачена вся залежь, тогда как керном изучена преимущественно сводовая часть.

Нижний предел проницаемости для газонасыщенных коллекторов принят $0,1 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Из отложений нижней перми имеется один проницаемый образец ($K_{пр} = 3 \cdot 10^{-3}$ мкм², $K_p = 14,5$ %). Учитывая условно принятую среднюю пористость 6,1 %, проницаемость можно считать равной или несколько большей $0,1 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Средняя проницаемость, определённая на стадии разработки (дополнительно изучен 221 проницаемый образец), ненамного превышает пороговые значения. Так, для отложений C_{2m} она снизилась с 236 до $8,4 \cdot 10^{-3}$ мкм², а для $C_{2b} - C_{1rg}$ – с 49,5 до $1,9 \cdot 10^{-3}$ мкм². В силу указанных при характеристике пористости причин наиболее достоверной считаем проницаемость, определённую при подсчёте запасов 1972 года.

Средняя проницаемость в водонасыщенной части $3,07 \cdot 10^{-3}$ мкм². Проницаемость трещиноватых коллекторов $40 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Для расчётов средних величин остаточной водонасыщенности использовано 190 образцов с проницаемостью выше $0,01 \cdot 10^{-3}$ мкм². Считается, что в трещинных и трещинно-кавернозных коллекторах остаточная вода связана только с матрицей, остальной объём порового пространства эффективен.

На основании многочисленных лабораторных исследований образцов фоминского ядра на остаточную водонасыщенность получена эмпирическая зависимость газонасыщенности (доли ед.) от открытой пористости (%):

$$K_r = 0,5418 \cdot K_{\Pi}^{0,1813}.$$

Значения газонасыщенности определялись разными методами, в диапазоне пористости от 6 до 25 %.

Состав газа сепарации, дегазации, дебутанизации, пластового газа и конденсата

Характеристика пластового газа, газа сепарации и сырого конденсата, состава и свойств добываемого конденсата для начальных термобарических условий изучалась по анализам проб, отобранных по скважинам №№ 2, 3, 8, 7, 11, 12, 14, 21, 26 и 28. Эти скважины вскрыли отложения нижней перми и среднего карбона в интервале глубин 2157–3504 м. Таким образом, количественная и качественная характеристика газа и конденсата изучена по всей продуктивной толще.

В таблице 1 представлен состав пластового газа, состав и свойства добываемого конденсата на начальные пластовые условия Западного НГКМ. Для скважин, расположенных вне зон прорыва закачиваемого газа, содержание метана в газах сепарации составляет 76,28–81,29 мол. %. Содержание пентанов и высококипящих углеводородов составляет 0,37–1,71 мол. %. По содержанию азота газы характеризуются повышенной азотностью (3,99–4,96 мол. %), по концентрации углекислого газа – газы низкоуглекислотные (0,03–0,17 мол. %).

Для скважин, работающих с прорывом тюменского газа, содержание метана в газе сепарации значительно выше и составляет 79,53–97,25 мол. %. Содержание метана напрямую зависит от содержания в нём закачиваемого «сухого» тюменского газа. Содержание азота в газах сепарации прорывных скважин составляет от 0,80 до 4,10 мол. %, пентанов и высококипящих углеводородов 0,29–1,39 мол. % или 24,9–43,4 г/м³. Коэффициент жирности составляет 3,2–21,6.

Газы дегазации по коэффициенту жирности характеризуются как высокожирные и аномально жирные. Плотность газов составляет 2,40 г/см³. Содержание метана 54,5 мол. %, углеводородов C₅+ 30,50 мол. %.

Дегазированная жидкая продукция состоит в основном из углеводородов C₅+ 98,81 мол. %, содержание газообразных компонентов C₁–C₄ составляет 3,1 мол. %.

Таблица 1 – Состав пластового газа, состав и свойства добываемого конденсата на начальные пластовые условия Западного НГКМ

Параметр	Значение параметра
Состав пластового газа, мол. %:	
C ₁	75,10
C ₂	8,90
C ₃	3,60
iC ₄	0,50
nC ₄	1,00
C ₅ +	6,40
N ₂ + редкие	4,40
CO ₂	0,1
Плотность газа, кг/м ³	1,12
Температура начала кипения, °С	44

Окончание таблицы 1

Перегоняются в объём. % при t, °С:	
10	65
20	82
30	98
40	115
50	134
60	158
70	190
80	232
90	291
Температура конца кипения, °С	315
Выход, объём. %	95,5
Остаток, объём. %	3,5
Потери, объём. %	1,0
Плотность, г/см ³	0,7435
Молекулярная масса конденсата	143
Компонентный состав, масс. %:	
бензины	72,00
масла	27,38
парафины	0,55
смолы	отсутствуют
асфальтены	0,05
сера	0,02

По скважинам, выносящим чисто пластовый газ, наблюдаются в основном маловязкие, бессернистые, лёгкие, светлые конденсаты. Все конденсаты имеют близкие значения температур кипения, молекулярной массы, сохраняют текучесть ниже минус 55 °С, состоят на 96–99 объём % из лёгких бензиновых фракций, не содержат твёрдых парафинов и асфальто-смолистых веществ. Плотность конденсатов пластового газа колеблется в пределах 0,676–0,743 г/см³. Особенностью конденсатов пластового газа является низкое содержание серы.

Физико-химическая характеристика вод

На Западном НГКМ уже в процессе разведки и в начальной стадии разработки выявлены и достаточно изучены конденсатогенные (техногенные конденсационные) воды, содержащиеся в атмосфере газоконденсатной залежи в виде паров и при снижении давления переходящие в жидкую фазу в эксплуатационных скважинах, их шлейфах или призабойных зонах. В чистом виде они представляют собой чрезвычайно слабо минерализованные растворы (как правило, менее 1 г/л) гидрокарбонатного натриевого состава (гидрокарбонатнатриевого типа по В.А. Сулину) с ничтожным содержанием хлора, практическим отсутствием брома и йода и повышенной концентрацией сульфат-иона. Натрий-хлорное отношение всегда больше 1 и может достигать 10–20, щелочноземельно-хлорное составляет от 0,2 до 5,5. Сульфат-хлорное отношение достигает 80–125, а гидрокарбонат-хлорное 600–1200, в то время как в пластовых водах их значения не превышают соответственно 0,63 и 0,15.

Пластовые воды уверенно диагностируются по химическим показателям в смесях с конденсатогенными даже при их незначительном содержании. Они хорошо распознаются и в смесях с основным типом техногенных жидкостей и с продуктами солянокислотных обработок скважин, представленными концентрированными растворами хлористого кальция и хлористого магния.

Оценка режима и характера вероятного продвижения пластовых вод

Режим разработки залежи предположительно газовый с элементами упруговодонапорного, не компенсирующего падения давления в залежи.

Несмотря на определённые колебания давлений, достаточно чётко видно, что по большинству пьезометрических скважин после длительного периода снижения дав-

лений в последние годы отмечается их относительная стабилизация. Это может являться свидетельством установившейся депрессионной воронки в водоносной части разреза с относительно постоянным подтоком пластовых (главным образом, законтурных) вод к залежи.

Оценка режима разработки основной залежи базируется на сопоставлении упругих и реализованных запасов пластовых вод водонапорного бассейна с объёмом порового пространства залежи, анализе развития депрессионной воронки в пределах залежи в процессе разработки и изменении давлений в пьезометрических скважинах.

Общие упругие запасы воды оценены в 1641,25 млн м³, что несколько превышает первоначальный объём порового пространства, занятого газоконденсатной смесью в пределах залежи. Реально же в залежь может поступить лишь небольшая часть упругих запасов. Поэтому, несмотря на существенное снижение давления в залежи, не наблюдаются большие суммарные водопритоки и значительная компенсация депрессии за счёт внедрения пластовых вод.

Структура фонда скважин

Генеральный план расстановки скважин на основную газоконденсатную залежь Р₂-С Западного месторождения формировался в соответствии с принципами, обоснованными в проектах опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) и разработки. Бурение эксплуатационных скважин было начато в 1968 году по скважине № 12. Залежь разбуривалась без отступлений от генерального плана, не считая необходимых уточнений, связанных с рельефом местности и выдачей резервных точек взамен ликвидированных скважин.

Совмещение ОПЭ с разведкой позволило использовать 43 скважины, из числа которых 25 перевести в эксплуатационные, 2 – в контрольно-наблюдательные. Разбуривание залежи велось с равномерным сгущением сетки с целью выявления зон ухудшенной и улучшенной продуктивности.

Общий фонд скважин по состоянию на 01.01.2015 г. составляет 43 скважины. В числе пробуренных скважин:

- эксплуатационный фонд – 39 скважин:
 - добывающих – 25 (скважины №№ 98, 89, 84, 90, 95, 101, 102, 66, 93, 15, 262, 159, 104, 15, 91, 38, 103, 256, 105, 264, 12, 266, 107, 109 и 108);
 - нагнетательных – 10 (скважины №№ 88, 259, 102, 18, 257, 92, 106, 256, 170 и 187);
 - ликвидировано – 4 (скважины №№ 86, 260, 94 и 69).

До 1990 года происходило увеличение действующего фонда скважин с различной продуктивной способностью. В 1990 году фонд скважин достиг максимального значения 36 единиц. С 1990 по 1996 гг. общий фонд скважин находился в пределах 35 единиц, а с 1998 по 2011 гг. общий фонд скважин состоит из 22 единиц. Увеличение среднесуточного дебита скважин до 1977 года в связи с вводом высокодебитных скважин в действие. Характеристика фонда скважин приведена в таблице 2.

Динамика добычи газа, воды и конденсата по участку залежи

Динамика добычи газа в целом по участку представлена на рисунке 3.

На рисунке 3 видно, что добыча газа возрастает с начала разработки месторождения 1969 года до 1975 года. В этой точке она достигает своего максимума ($Q_{га-за} = 5500$ млн м³), а затем происходит её резкое падение до 1996 года. Это связано с тем, что система разработки находилась в режиме истощения. С 1996 добыча остаётся примерно постоянной.

С 1978 года происходит рост объёма добычи газа до 1980 года, после чего снова наблюдается уменьшение отборов. В 1993 году падение прекращается, и добыча выравнивается, установившись примерно на одном уровне (≈ 700 млн м³). Накопленная добыча газа находится в постоянном росте. Интенсивное её увеличение заметно с начала разработки до 1990 года. После этого возрастание становится менее заметным.

Таблица 2 – Состояние фонда скважин Западного НГКМ по состоянию на 01.01.2015 г.

Наименование	Характеристика фонда скважин	Количество
Фонд эксплуатационных скважин	Пробурено	43
	в том числе:	
	переведены из поисково-оценочных и разведочных	3
	Всего из числа пробуренных:	39
	добывающие	25
	нагнетательные	10
	бездействующие	–
	в консервации	–
Фонд наблюдательных скважин	ликвидированные	4
	Всего	3
	в том числе:	
	пьезометрические	1
Общий фонд скважин	наблюдательные	2
	наблюдательные (в консервации)	–
	Пробурено	43
	в том числе:	
	контрольно-наблюдательные	2
	эксплуатационные	26
	специальные	3
	Возращены с других горизонтов	–
	Ликвидированы из числа:	
	эксплуатационных	1
разведочных	1	
	Всего на балансе предприятия	43

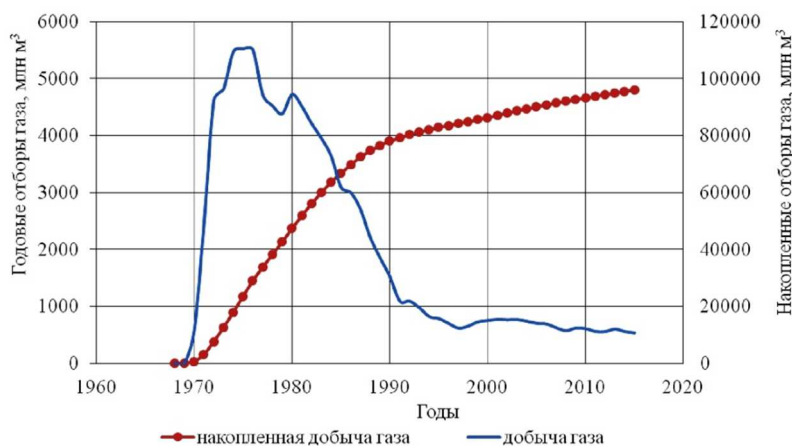


Рисунок 3 – Динамика добычи газа в целом по участку залежи

Динамика добычи конденсата в целом по участку приведена на рисунке 4.

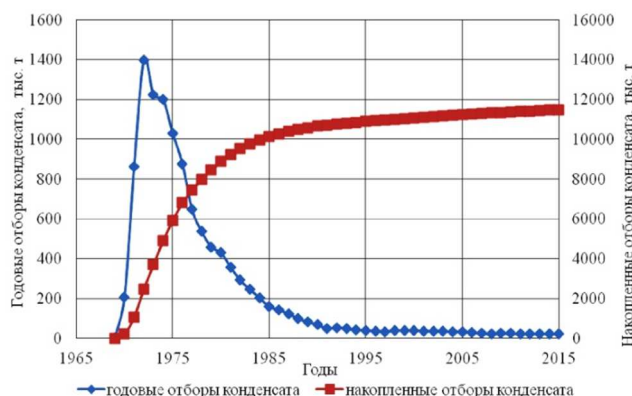


Рисунок 4 – Динамика добычи конденсата в целом по участку залежи

По рисунку 4 можно наблюдать возрастание добычи конденсата с начала разработки месторождения до 1972 года. В 1972 году добыча конденсата достигает своего пика за весь период разработки ($Q_{\text{конденсата}} = 1400$ тыс. тонн). Затем добыча резко уменьшается до 1994 года, после чего плавно продолжает падать. Это связано с тем, что система разработки находилась в режиме истощения. С 1991 года добыча остаётся примерно постоянной. Накопленная добыча конденсата находится в постоянном росте. Резко увеличивается до 1984 года и продолжает плавно расти медленными темпами.

Годовые и накопленные отборы воды и фонд скважин приведены на рисунке 5.

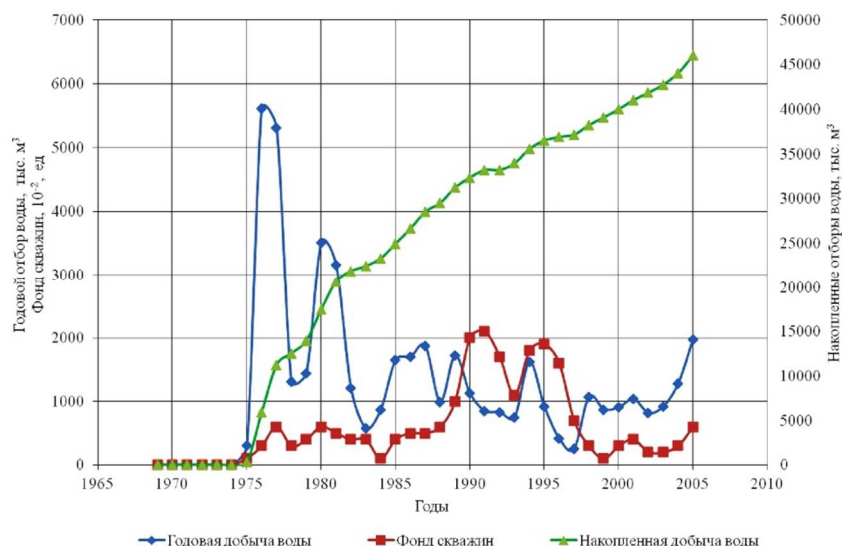


Рисунок 5 – Динамика годовых и накопленных отборов воды

В период с 1968 по 1975 г. скважины участка УКПГ-1 Западного НГКМ эксплуатировались с отсутствием воды в продукции скважин. Впервые вода в продукции скважин появилась в 1975 году на скважине № 19. Из рисунка 5 видно, что годовые отборы воды находятся в постоянном движении и имеют пульсирующий характер с 1975 по 2005 г. В 1976 году годовые отборы, достигнув максимального значения 5,6 тыс. м³, начинают резко падать и к 1992 году достигают минимального значения. С 1997 по 2005 г. отборы воды остаются практически неизменными.

На 01.01.2005 г. накопленный объём воды, добытой с продукцией скважины, составляет 46,0153 тыс. м³. Наибольший годовой отбор воды приходится на скважины №№ 19 и 98 (19,3 и 10,8 тыс. м³).

Удельные показатели разработки

Расчёт коэффициента эксплуатации по скважинам проводится по следующей формуле:

$$K_{\text{экс}} = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{раб}}$ – время работы скважины, сут.; $t_{\text{пр}}$ – время простоя, сут.

Результаты расчётов показаны на рисунке 6.

Из распределения фонда скважин по коэффициенту эксплуатации видно, что 70 % скважин имеют максимальные значения в пределах от 0,9 до 1,0 и примерно по 15 % скважин находятся в других интервалах значений данного коэффициента.

Группируем скважины по коэффициенту эксплуатации и дебитам газа за весь период разработки по группам значений. Как видно из рисунка 6, большинство скважин имеют $K_{\text{экс}} > 0,99$. Это говорит о том, что уровень использования действующих скважин в 2015 году достаточно велик.

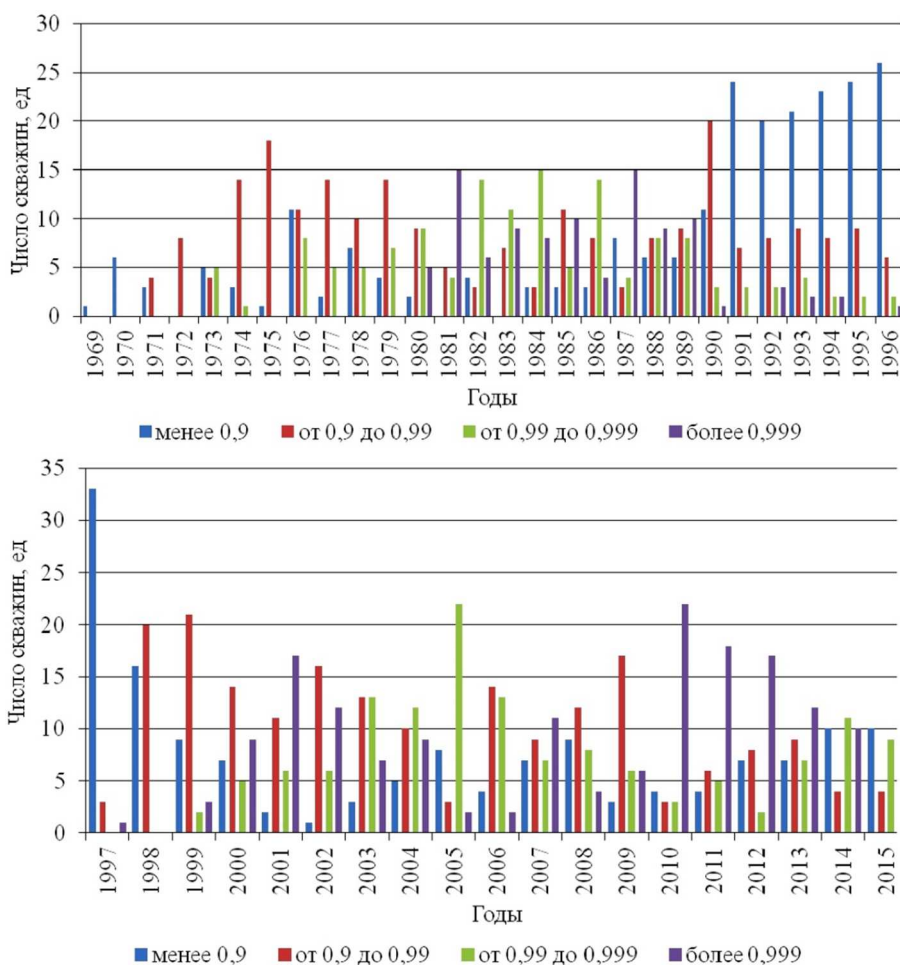


Рисунок 6 – Динамика изменения коэффициента эксплуатации по годам

Рассчитываем дебит газа (тыс. м³/сут):

$$q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{газа}}}{t_{\text{раб}}} \cdot 1000, \quad (2)$$

где $Q_{\text{газа}}$ – отбор газа за год, млн м³; $t_{\text{раб}}$ – время работы скважины, сут.

Результаты расчётов показаны на рисунке 7.

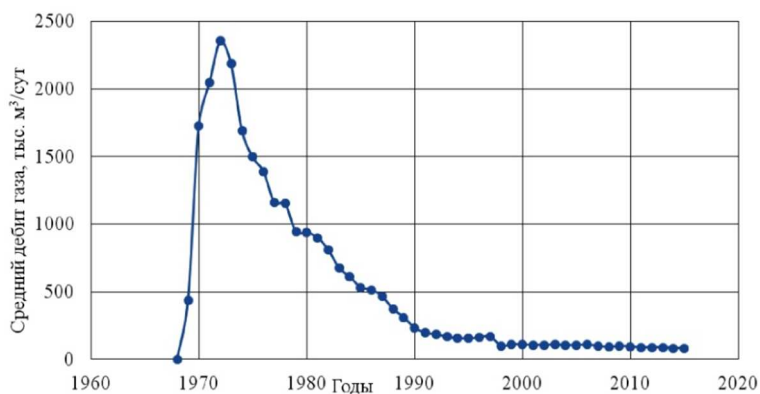


Рисунок 7 – Средний дебит газа по годам

Из рисунка 7 отчётливо видно, что средний дебит месторождения сначала резко возрастал до 1971 года, а затем также стремительно убывал до 1990 года. С 1991 года средний дебит остаётся практически неизменным и не превышает 85 тыс. м³/сут.

В представленных данных о среднем дебите газа заметна тенденция высоких дебитов в начале работы скважины и низких дебитов к концу её эксплуатации. В целом по месторождению дебит максимален в первые 10 лет с начала разработки, после чего наблюдается значительное его падение.

На рисунке 8 построено распределение фонда скважин Западного месторождения по среднесуточным дебитам газа. Можно наблюдать стремительное увеличение количества скважин с начала разработки до 1993 года. Затем долгое время фонд скважин варьируется и примерно равен 22 скважинам.

Следует заметить, что наибольший отбор газа и конденсата на период 2015 года и накопленную добычу с начала разработки имеют скважины №№ 127, 13, 130 и 122. Нулевыми отборами характеризуются скважины №№ 153, 169, 17, 188 и 61. Скважины №№ 153 и 17 также имеют и минимальную накопленную добычу с начала эксплуатации.

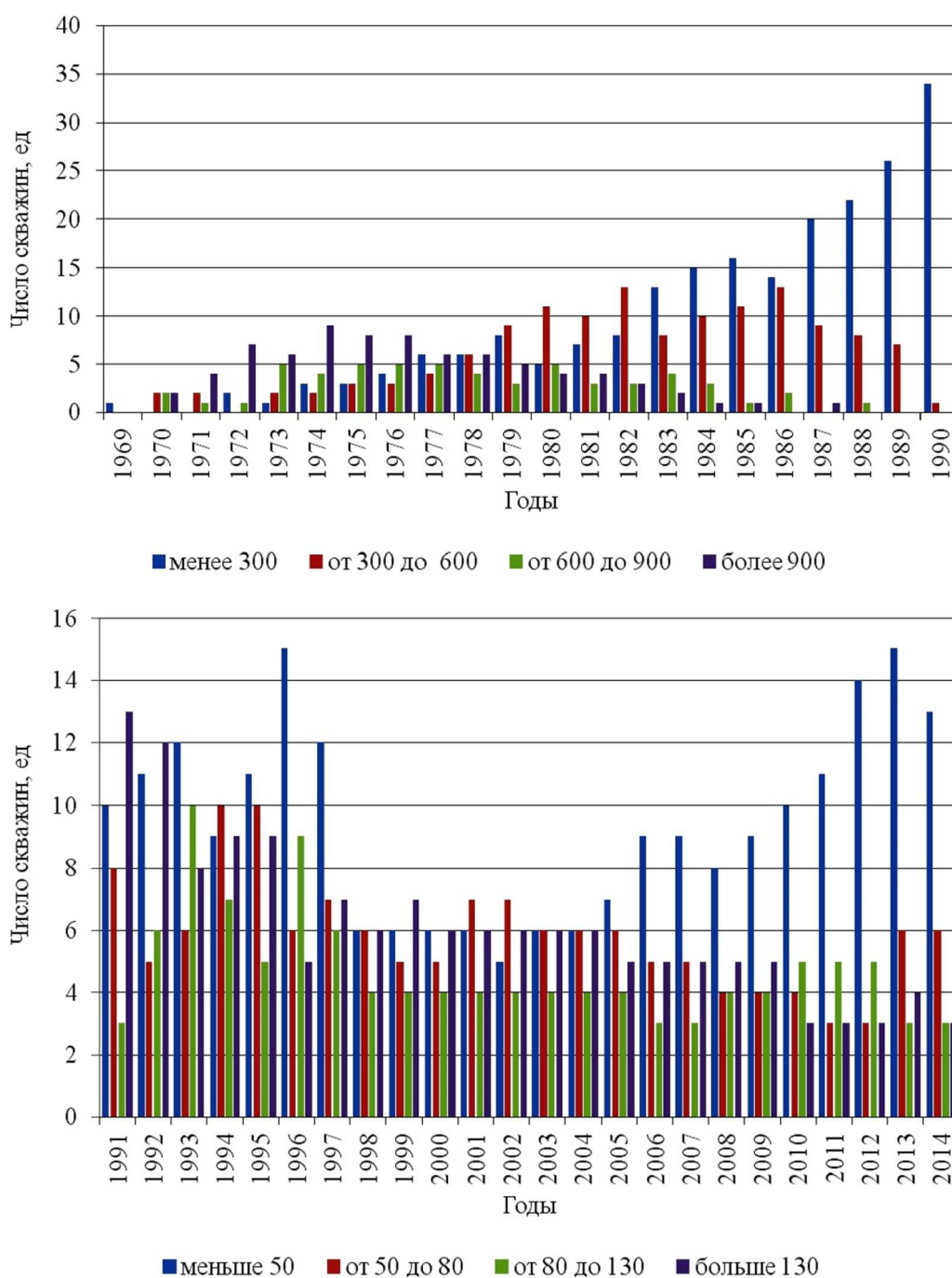


Рисунок 8 – Распределение фонда скважин по среднесуточным дебитам газа (тыс. м³/сут.)

Закачка газа, прорывной газ

Закачка газа в пласт осуществляется с целью поддержания в нём постоянного давления. Газ состоит из углеводородов C_2-C_4 и обладает более лёгким фракционным составом, плотностью и вязкостью по сравнению с газом, находящимся в пласте. Благодаря этому часть «сухого» газа, нагнетаемого в пласт, по трещинам и поровым каналам поступает в добывающие скважины, не вступая во взаимодействие с газом, находящимся в пласте.

В 1997 году началась закачка газа в пласт на скважинах №№ 18, 69, 84, 86, 88, 90, 91, 92, 93, 102, 106, 159, 170, 187, 257 и 259. За период 1997-2015 гг. наибольшая накопленная закачка газа участка залежи приходится на скважину № 259 (2078 млн m^3). На рисунке 9 представлены отборы газа закачки.

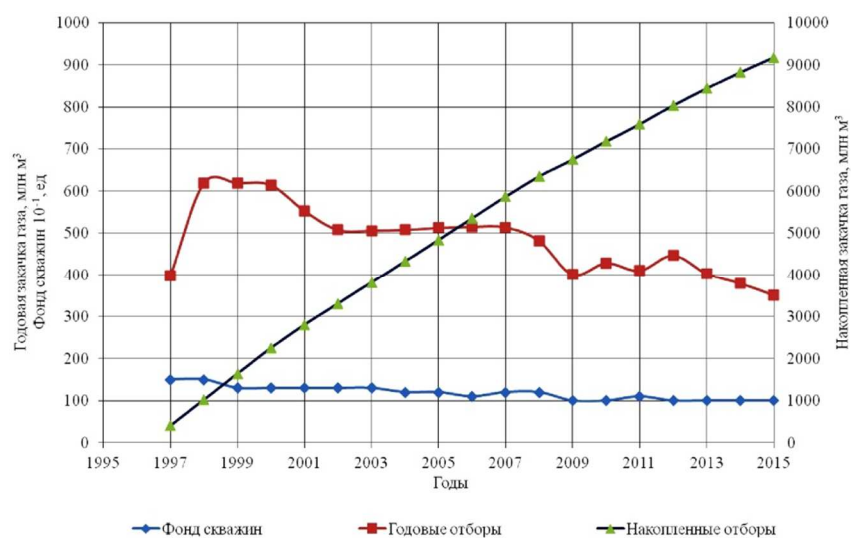


Рисунок 9 – Динамика закачки «сухого» тюменского газа по годам

Из рисунка 9 видно, что годовая закачка газа за период 1998–2015 гг. постепенно падает. Накопленные отборы за период 1998–2015 гг. плавно увеличиваются. В 2015 году накопленная закачка газа составила 9171 млн m^3 .

В 1998 году прорывной газ был обнаружен в продукции скважин №№ 66, 89, 95, 103, 256, 261 и 262. За период 1998–2015 гг. прорывной газ был обнаружен в скважинах №№ 12, 15, 18, 19, 51, 66, 84, 89, 91, 92, 93, 95, 98, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 159, 256, 261, 262, 264 и 266. В 2015 году прорывной газ находился в продукции 26 скважин.

За период 1998–2015 гг. наибольшие накопленные отборы прорывного газа участка УКПГ-1 Западного НГКМ приходятся на скважину № 89 (1254 млн m^3). На рисунке 10 представлены отборы прорывного газа.

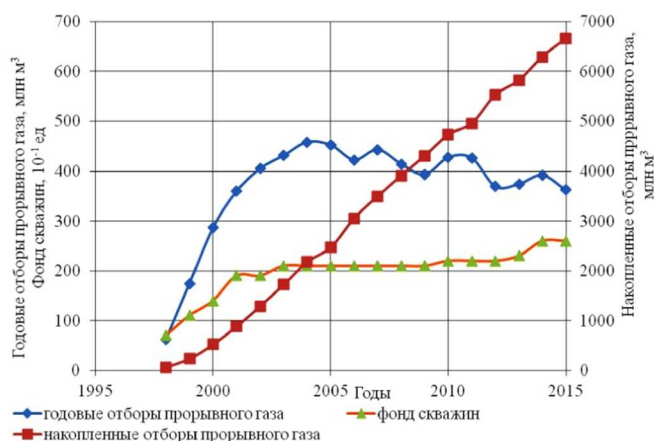


Рисунок 10 – Годовые и накопленные отборы прорывного газа с 1998 по 2015 гг.

Из рисунка 10 видно, что годовые отборы прорывного газа за период 1998–2015 гг. постепенно возрастают. Накопленные отборы за период 1998–2015 гг. также плавно увеличиваются, принимая вид параболической кривой.

Большая доля закачки газа в 2015 году приходится на скважины №№ 89 (20,5 %), 95 (11,9 %) и 261 (10,5 %). Доли наибольших накопленных отборов прорывного газа в 2015 году приходится на скважины №№ 89 (18,85 %) и 95 (11,1 %).

Геолого-технологические мероприятия

В качестве основных методов с целью обеспечения максимальной добычи углеводородов и получения дополнительной прибыли применяются пеноспиртокислотная обработка (ПСПКО), солянокислотная обработка (СКО), солянокислотная ванна (СКВ) и обработка сухим газом (ОСГ), ПАВ, водоудаление, депарафинизация, глушение скважины многокомпонентным раствором по методике ВНИИнефть. Наибольшее число обработок было проведено в 1979 (10 шт.) и 1982 гг. (8 шт.). Наиболее результативные обработки выполнены в 1989 и 1990 гг. 3 и 4 шт. соответственно, не давшие положительного эффекта – в 1979–1984 гг. Наибольшие положительные результаты дали ПСПКО и СКО пласта. Динамика обработки призабойной зоны скважин представлена на рисунке 11.

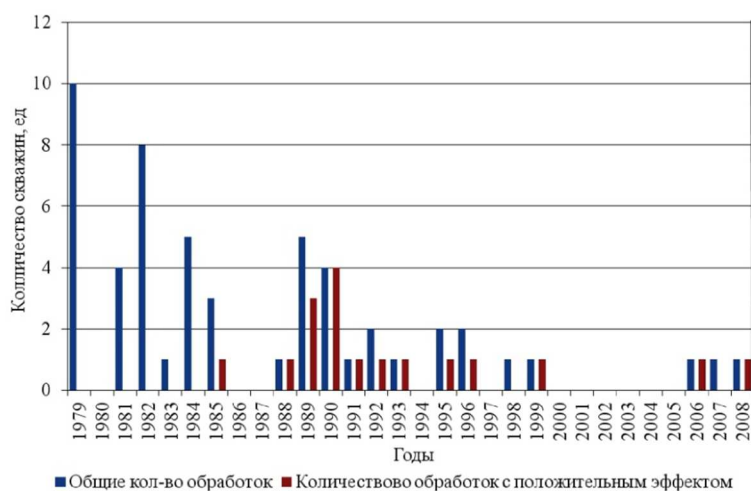


Рисунок 11 – Динамика обработок скважин

Западное НГКМ долгое время разрабатывалось на истощение. Это привело к тому, что пластовое давление упало ниже давления насыщения и конденсат, находящийся в газе, начал выпадать в жидкую фазу и оседать в пласте, что привело к снижению годовых отборов конденсата. В связи с этим для более полного извлечения ретроградного конденсата на участке залежи Западного НГКМ, начиная с 1997 года, стали применять закачку газа в пласт. В качестве закачиваемого газа применяли «сухой» тюменский газ, состоящий из углеводородов C_2 – C_4 .

Литература

1. Булатов А.И. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин»: в 4 томах: учебное пособие / А.И. Булатов, О.В. Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2013–2014. – Т. 1–4.
2. Булатов А.И. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах / А.И. Булатов, О.В.Савенок. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
3. Булатов А.И. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, О.В. Савенок, Р.С. Яремийчук. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 576 с.
4. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.

5. Ладенко А.А., Савенок О.В. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
6. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
7. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
8. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
9. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений: учеб.пособие: в 2 частях. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
10. Абзалов А.В., Савенок О.В. Геолого-промысловая характеристика и анализ текущего состояния разработки Черногорского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 125–135.
11. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В. Предпосылки и задачи моделирования горных пород с точки зрения установления условий наступления факторов осложнения добычи // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 2. – С. 27–33.
12. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений / Д.А. Березовский [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33–50.
13. Витязев Я.Д., Савенок О.В. Геолого-промысловая характеристика и анализ текущего состояния разработки Долгинского нефтяного месторождения // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 39–50.
14. Горщарук А.П., Савенок О.В. Геологические основы для проектирования и анализа текущего состояния разработки Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 3. – С. 79–90.
15. Григулецкий В.Г. Опытнo-промышленные работы при цементировании обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения // Нефтегазовые технологии. – 2007. – № 11. – С. 2–14.
16. Григулецкий В.Г. Обводнение месторождений – коренной во-прос современности российского нефтегазового дела // Нефть, газ и бизнес. – 2007. – № 5. – С. 19–28.
17. Григулецкий В.Г., Петреску В.И. Повышение эффективности цементирования обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения (часть I) // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2008. – № 1. – С. 40–50.
18. Григулецкий В.Г., Петреску В.И. Повышение эффективности цементирования обсадных колонн газовых скважин Песцовой площади Уренгойского месторождения (часть II) // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2008. – № 2. – С. 43–49.
19. Гундерин И.И., Савенок О.В. Анализ проведения геолого-технических мероприятий на Чедьтйском нефтяном месторождении // Прикладные вопросы точных наук: материалы V Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей (30–31 октября 2021 года, г. Армавир). – Армавир : Армавирский механико-технологический институт, 2021. – С. 117–121.
20. Ковалев А.И., Савенок О.В. Прогнозирование показателей разработки Янемдейского нефтяного месторождения при помощи анализа кривых истощения пласта // Инженер-нефтяник. – 2021. – № 2. – С. 24-35.
21. Ковалев А.И., Савенок О.В. Анализ геолого-промысловой характеристики группы месторождений Денисовской площади // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 3. – С. 126–143.
22. Никитин Б.А., Григулецкий В.Г. Стационарный приток нефти к одиночной горизонтальной скважине в анизотропном пласте // Нефтяное хозяйство. – 1992. – № 10. – С. 10–12.
23. Поварова Л.В., Приходько М.Г., Савенок О.В. Факторы, обуславливающие экологическую опасность нефтедобычи // «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014»: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодёжи (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. – С. 28–32.
24. Радзиевский Г.А., Савенок О.В. Анализ технологии вскрытия продуктивных пластов и освоения скважин Хасырейского месторождения // Научный потенциал вуза – производству и образованию: сборник статей по материалам III Международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. (04–05 декабря 2021 года, г. Армавир). – Армавир : Армавирский механико-технологический институт, 2021. – С. 113–126.
25. Савенок О.В. Нефтеотдача пласта и пути её увеличения / О.В. Савенок, Л.Г. Кусова // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования, 2018. – № 03 (6). – С. 97–120.

26. Савенок О.В., Кусова Л.Г. Анализ текущего состояния разработки и выработки запасов газонефтяного месторождения Северное // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 3. – С. 161–174.
27. Соловьёва В.Н., Колбунов М.Г., Савенок О.В. Метод разработки нефтяных месторождений с взаимодействующими объектами // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2012. – № 2 (февраль). – С. 62–69.
28. Талеев А.Е., Савенок О.В. Анализ текущего состояния и мероприятия по контролю за разработкой Восточно-Ламбейшорского месторождения // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 253–260.
29. Талеев А.Е., Савенок О.В. Анализ геолого-промысловой информации Восточно-Ламбейшорского месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 216–225.
30. Цымбал А.В., Савенок О.В. Анализ текущего состояния разработки каменноугольной залежи Воейского месторождения // Инновационные решения актуальных проблем в области высокомолекулярных металлоорганических соединений: сборник научных работ международной научно-практической онлайн-конференции (28 мая 2021 года, г. Ташкент). – Ташкент : Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии, 2021. – С. 243-246.

References

1. Bulatov A.I. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells»: in 4 volumes: textbook / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : LLC «Publishing House – South», 2013–2014. – Vol. 1–4.
2. Bulatov A.I. Overhaul of oil and gas wells: in 4 volumes / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : LLC «Publishing House – South», 2012–2015. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S., Scientific foundations and practice of oil and gas well development. – Krasnodar : LLC «Publishing House – South», 2016. – 576 p.
4. Ladenko A.A. Theoretical foundations for the development of oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2020. – 244 p.
5. Ladenko A.A., Savenok O.V. Geophysical surveys of wells in oil and gas fields. – M. : Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
6. Savenok O.V. Oil and gas engineering during well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremychuk. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
7. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.
8. Savenok O.V. Ecological aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
9. Savenok O.V. Designing the development of oil fields: textbook: in 2 parts. – Ukhta : Ukhta State Technical University Publishing House, 2021.
10. Abzalov A.V., Savenok O.V. Geological and field characteristics and analysis of the current state of development of the Chernogorskoye field // Nauka. Technics. Technologies (polytechnical bulletin). – 2021. – № 2. – P. 125–135.
11. Berezovsky D.A., Lavrentiev A.V., Savenok O.V. Prerequisites and tasks of rock modeling from the point of view of establishing the conditions for the onset of factors complicating mining // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2014. – № 2. – P. 27–33.
12. Technologies and principles of development of multilayer deposits / D.A. Berezovsky [et al.] // Nauka. Technics. Technologies (polytechnical bulletin). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
13. Vityazev Ya.D., Savenok O.V. Geological and field characteristics and analysis of the current state of development of the Dolginskoye oil field // Bulatovskie readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 39–50.
14. Gorscharuk A.P., Savenok O.V. Geological bases for designing and analyzing the current state of development of the Vostochno-Sotchemyu-Talyuskoye field // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 3. – P. 79–90.
15. Griguletsky V.G. Pilot work in cementing casing strings of gas wells of the Pestsovaya area of the Urengoy field // Oil and gas technologies. – 2007. – № 11. – P. 2–14.
16. Griguletsky V.G. Watering of deposits is a fundamental issue of modern Russian oil and gas business // Oil, gas and business. – 2007. – № 5. – P. 19–28.
17. Griguletsky V.G., Petrescu V.I. Improving the efficiency of cementing casing strings of gas wells in the Pestsovaya area of the Urengoy field (part I) // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2008. – № 1. – P. 40–50.
18. Griguletsky V.G., Petrescu V.I. Improving the efficiency of cementing casing strings of gas wells in the Pestsovaya area of the Urengoy field (part II) // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2008. – № 2. – P. 43–49.

19. Gunderin I.I., Savenok O.V. Analysis of the implementation of geological and technical measures at the Chedty oil field // Applied questions of exact sciences: materials of the V International scientific and practical conference of students, graduate students and teachers (October 30–31, 2021, Armavir). – Armavir : Armavir Institute of Mechanics and Technology, 2021. – P. 117–121.
20. Kovalev A.I., Savenok O.V. Forecasting indicators of the development of the Yanemdeyskoye oil field using the analysis of reservoir depletion curves // Engineer-Neftyanik. – 2021. – № 2. – P. 24–35.
21. Kovalev A.I., Savenok O.V. Analysis of the geological and commercial characteristics of the group of fields in the Denisovskaya area // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 3. – P. 126–143.
22. Nikitin B.A., Griguletsky V.G. Stationary oil inflow to a single horizontal well in an anisotropic reservoir // Neftyanoe khozyaystvo. – 1992. – № 10. – P. 10–12.
23. Povarova L.V., Prikhodko M.G., Savenok O.V. Factors causing the environmental hazard of oil production // «Ecological problems of oil production – 2014»: a collection of proceedings of the IV International scientific and practical conference with elements of a scientific school for youth (October 21–23, 2014, Ufa). – Ufa: Ufa State Petroleum Technical University, 2014. – P. 28–32.
24. Radzievsky G.A., Savenok O.V. Analysis of the technology of opening productive layers and developing wells of the Khasyreyskoye field // Scientific potential of the university – production and education: a collection of articles based on the materials of the III International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory of the Soviet people in the Great Patriotic War of 1941–1945. (December 04–05, 2021, Armavir). – Armavir : Armavir Institute of Mechanics and Technology, 2021. – P. 113–126.
25. Savenok O.V. Oil recovery of the formation and ways of its increase / O.V. Savenok, L.G. Kusova // Bulletin of Student Science of the Department of Information Systems and Programming, 2018. – № 03(6). – P. 97–120.
26. Savenok O.V., Kusova L.G. Analysis of the current state of development and depletion of reserves of the Severnoe gas-oil field // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 3. – P. 161–174.
27. Solovieva V.N., Kolbunov M.G., Savenok O.V. Method of development of oil fields with interacting objects // Territoriya NEFTEGAZ. – 2012. – № 2 (February). – P. 62–69.
28. Taleev A.E., Savenok O.V. Analysis of the current state and measures to control the development of the Vostochno-Lambeyskoye field // Bulatovskie readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 253–260.
29. Taleev A.E., Savenok O.V. Analysis of geological and field information of the Vostochno-Lambeyskoye field // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 2. – P. 216–225.
30. Tsymbal A.V., Savenok O.V. Analysis of the current state of development of the coal deposit of the Vozeyskoye deposit // Innovative solutions to urgent problems in the field of macromolecular organometallic compounds: a collection of scientific papers of the international scientific and practical online conference (May 28, 2021, Tashkent). – Tashkent : Tashkent Research Institute of Chemical Technology, 2021. – P. 243–246.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ



PEDAGOGICAL SCIENCES

УДК 81-25

РУССКИЙ ЯЗЫК. НЕВЕРБАЛЬНЫЙ АСПЕКТ КОММУНИКАЦИИ



RUSSIAN. NONVERBAL ASPECT OF COMMUNICATION

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Ерлыков Марк Андреевич

студент группы 19 ИТК-МН1,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. Данная статья написана в русле исследований невербального аспекта коммуникации. Объектом изучения являются акустические и визуальные факторы, сопровождающие речь носителей русского языка и влияющие на ее эффект, различные кинетические и фонационные средства. Актуальность исследования определяется неослабевающим интересом к вопросам особенностей невербального поведения человека в акте коммуникации. Целью работы является изучить особенности кинетических и фонационных средств как ведущих компонентов невербального общения. Задачами, проанализировать научно-теоретический материал по проблеме; описать формы невербального общения в русской культуре.

Ключевые слова: русский язык, культура речи, язык жестов, общение, выражение мыслей.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of
Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Erykov Mark Andreevich

Student of group 19 of ITK-MN1,
Kuban State Technological University

Annotation. This article is written in line with the research of the nonverbal aspect of communication. The object of study is acoustic and visual factors accompanying the speech of native speakers of the Russian language and influencing its effect, various kinetic and phonation means. The relevance of the study is determined by the unflagging interest in the peculiarities of nonverbal human behavior in the act of communication. The aim of the work is to study the features of kinetic and phonational means as the leading components of nonverbal communication. Tasks, analyze scientific and theoretical material on the problem; describe the forms of nonverbal communication in Russian culture.

Keywords: Russian language, speech culture, sign language, communication, expression of thoughts.

Теоретическая база для исследования. Понятийный аппарат

Коммуникации – это способы общения и передачи информации от человека к человеку в виде устных и письменных сообщений, языка телодвижений и параметров речи.

Человеческая речь относится к вербальным средствам общения. «Специалистами по общению подсчитано, что современный деловой человек за день произносит примерно 30 тыс. слов, или более 3 тысяч слов в час. Его величество Общение правит людьми, их жизнью, их развитием, их поведением, их познанием мира и самих себя как части этого мира. И всякая попытка осмыслить коммуникацию между людьми, понять, что ей мешает и что способствует, важна и оправдана, так как общение – это столп, стержень, основа существования человека» [8]. В зависимости от того, какие намерения существуют у тех, кто находится в коммуникации, будем называть их – коммуниканты (что-то сообщить, узнать, выразить оценку, отношение, побудить к чему-либо, договориться и т.д.), возникают разнообразные речевые тексты. Язык – это система знаков и способов их соединения, которая служит орудием выражения мыслей, чувств и волеизъявлений людей и является важнейшим средством человеческого общения. Язык используется в самых разных функциях.

Впервые вызов лингвистам, что одного языка для общения не достаточно, бросил Александр Александрович Реформатский. Исследования таких ученых, как Г.В. Колшанского, Г.Е. Крейдлина, И.Н. Горелова, В.В. Красных, К. Леонгарда (Леонхарда), П. Экмана, А. Пиза и др. показали, что невербальные компоненты коммуникации играют в процессе общения огромную роль.

Существуют разные взгляды на количество и определение типов невербальной коммуникации. Современная невербальная семиотика по Г.Е. Крейдлину складывается из ряда частных наук, тесно взаимосвязанных друг с другом:

1. паралингвистика – наука о звуковых кодах невербальной коммуникации.

2. аускультация – наука о слуховом восприятии звуков и аудиальном поведении людей в процессе коммуникации.

3. кинесика – наука о жестах и жестовых движениях, о жестовых процессах и жестовых системах.

4. гаптика – наука о языке касаний и тактильной коммуникации.

5. окулесика – наука о языке глаз и визуальном поведении людей во время общения.

6. ольфакция – наука о языке запахов, смыслах, передаваемых с помощью запахов, и роли запахов в коммуникации.

7. гастика – наука о знаковых и коммуникативных функциях пищи и напитков, о приеме пищи, о культурных и коммуникативных функциях снадобий и угощений.

8. проксемика – наука о пространстве коммуникации, его структуре и функциях.

9. хронемика – наука о времени коммуникации, о его структурных, семиотических и культурных функциях.

В.В. Красных подчеркивает, что многие из понятий имеют широкое и узкое толкование. Это касается таких понятий как паралингвистика, проксемика, экстралингвистика. Экстралингвистика охватывает различные психофизиологические явления человека: смех, вздох, кашель, плач и др. Наиболее крупными областями у многих исследователей предстают паралингвистика, включающая в себя кинесику (которая в свою очередь более частные науки, например окулесику и мимику) и просодику; и экстралингвистика, которая охватывает проксемику и произвольные фонации [1].

«Разные ученые, в зависимости от того, какой областью невербальной семиотики они профессионально занимаются и к каким общим философским и /или специализированным научным школам себя причисляют, выделяют в качестве центральных то одни, то другие дисциплины и аспекты исследования. Так или иначе, два раздела невербальной семиотики всеми исследователями безоговорочно признаются основными. Это паралингвистика и кинесика» [3].

Слово кинема понимается Г.Е. Крейдлином синонимично слову жест. В отечественной науке исследование жестов велось и ведется в различных направлениях. На сегодняшний день кинесика – одно из перспективных направлений отечественной лингвистики. «Отечественных научных лингвистических сочинений, специально посвященных кинесике и невербальной семиотике, не так уж много» [3].

Заключение

В рамках одной статьи невозможно описать весь тот богатый объем материала, собранный нами для научно-исследовательской работы. Результаты, описанные в данной статье, нуждаются в дальнейшем дополнении, уточнении и возможной корректировке, хотя и заслуживают некоторых предварительных выводов. Затронутая в статье тема предполагает огромное поле деятельности для современной лингвистики. Невербальная семиотика как наука еще только рождается. Очевидно одно: невербальная коммуникация несет огромное количество информации, подчас куда большее, чем вербальная ее составляющая. Активное использование невербалики должно вести к улучшению коммуникации. Ключом к правильной интерпретации жестов является учетывание всей совокупности жестов и совпадение вербальных и невербальных сигналов. Знание своей национально-специфической системы жестикуляции необходимо каждому современному культурному человеку для грамотного употребления ее в комплексе различных средств коммуникации.

Литература

1. Красных В.В. Основы психолингвистики: Лекционный курс. Изд. 2-е, дополненное. – М. : Гнозис, 2012. – 333 с.
2. Крейдлин Г.Е. Невербальная семиотика в ее соотношении с вербальной : автореф. дис. ... филол. наук. – М., 2000. – 68 с.
3. Крейдлин Г.Е. Невербальная семиотика: Язык тела и естественный язык. – М. : Новое литературное обозрение, 2002. – 592 с.

4. Кузнецова О.Л. Мимика и жесты (русско-финские соответствия)
5. Савкова З.В. Язык чувств. (Жесты и мимика как средство общения)
6. Символика жестового общения // Всё о Психологии. Психолог и «Я».

References

1. Krasnykh V.V. Fundamentals of psycholinguistics: Lecture course. 2nd edition, supplemented. – M. : Gnosis, 2012. – 333 p.
2. Kreidlin G.E. Nonverbal semiotics in its relation to verbal : autoref. diss. ... philol. sciences. – M., 2000. – 68 p.
3. Kreidlin G.E. Nonverbal semiotics: Body language and natural language. – M. : New Literary Review, 2002. – 592 p.
4. Kuznetsova O.L. Facial expressions and gestures (Russian-Finnish correspondences).
5. Savkova Z.V. The language of feelings. (Gestures and facial expressions as a means of communication).
6. Symbolism of sign communication // All about Psychology. Psychologist and «I».

УДК 796.062.4

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА – ОСНОВА ЖИЗНИ



PHYSICAL CULTURE IS THE BASIS OF LIFE

Питкин Виктор Александрович

старший преподаватель
кафедры физического воспитания и спорта,
Кубанский государственный технологический университет
irvik25@mail.ru

Данько Андрей Олегович

студент группы 19-Э-ЭБ1,
Кубанский государственный технологический университет
anddanko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена роль физической культуры в воспитании и образовании культуры здоровья личности и общества. Показано, что рациональное использование свободной (мышечной) энергией личности и свободного времени общества необходимо для их оздоровления.

Ключевые слова: мышечная, активность, адаптация, личность, физическая культура, здоровье, энергия.

Pitkin Victor Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department of
Physical Education and Sports,
Kuban State Technological University
irvik25@mail.ru

Danko Andrei Olegovich

Student of group 19 of E-ES1,
Kuban state Technological University
anddanko@mail.ru

Annotation. The role of physical culture in the upbringing and education of the culture of health of the individual and society is considered. It is shown that the rational use of the free (muscle) energy of the individual and the free time of society is necessary for their recovery.

Keywords: muscle, activity, adaptation, personality, physical culture, health, energy.

Проблема роли физической культуры в формировании личности – тема личной и социальной адаптации всегда была актуальной. Все формы адаптации человека и населения сводятся к управлению свободной энергией тела и свободным временем [1].

«Внешнее проявление мозговой деятельности сводятся окончательно к одному лишь явлению – мышечному движению». (И.М. Сеченов, 1847 г.). Литература об адаптации (физиология, психология, биофизика) развивает современное взаимодействие этой идеи с произвольным управлением свободной энергией тела (то есть мышечной активностью) и свободное время общества, созданное им как основной фактор индивидуальной и популяционной адаптации [9].

Если 90 % свободной энергии тела тратится на сокращение мышц, то добровольная мышечная активность также является когнитивным контролем свободной энергии. Кроме того, развитие комплексной работы, регуляция функциональных систем, формирование личности невозможно без физической активности.

Мышечная активность не только потребляет большую часть свободной энергии, но и увеличивает ее выработку и создает анаболический эффект мышечной активности. Создание условий для развития способностей к рациональной мышечной деятельности (продуктивной, творческой, игровой) – важнейшая задача страны.

Когнитивные способности управляют адаптивной способностью человека формирования основного компонента, изменяя экологические обстоятельства человека на социальную, физическую, физиологическую адаптивность. Формирование здоровья человека – главное условие формирования личности – в основном обеспечивается физическим развитием.

Отсутствие ценностной ориентации лишает человека мотивации и возможностей для постоянной работы по улучшению здоровья.

Отсутствие социального идеала правого общества, то есть отсутствие духовности общества, постоянно обрекает молодого человека на переход свободной энергии от пути работы по улучшению здоровья к развитию физических и духовных сил (к формированию личной судьбы и социальной истории) [7].

Физическая культура как основное средство здоровья (валеология) не должна предлагать политические, правовые, идеологические решения проблем общества. Но оно может быть моральным и научной основой, способностью политических и законодательных сил страны, определять и решать задачи сохранения здоровья, которые в конечном итоге становятся практическими задачами управления свободной энергией тела и свободного времени общества [2].

Диапазон возможностей человека в увеличении свободной энергии тела очень велик. Свободная энергия тела может превышать уровень основного метаболизма в 1,5–35 раз [3, 8] из-за мышечной активности, контролируемой волевым усилием человека.

Физкультура развивает способность к огромному увеличению объема мышц, т.е. свободная энергия. Необходимым условием развития этой способности является внутренняя, личная мотивация работы.

В природе есть уникальное явление, способность человека духовно мотивировать свою деятельность, высшим проявлением которого всегда является движение мышц. Это выражение И.М. Сечена. И эта уникальная способность способствует осознанному, последовательному, целеустремленному и социально ответственному поведению [6].

Рост свободного времени общества порождает безработицу, наркоманию, антисоциальное поведение, снижение здоровья детей.

Валеологическая оценка использования энергии общества – это новый дискурс ценностной ориентации. Наука о культуре здоровья (а ее основа – физическая культура) обречена на судьбу науки для науки. Валеология – наука, должна начать требовать административных решений для развития общественного здоровья в соответствии с законом и структурами правительства.

Физическая культура является основным инструментом валеологии, основным средством, основным звеном культуры здоровья, мотивационного образования и предоставления знаний в области труда для улучшения здоровья.

Институты физической культуры, а не медицинской помощи, являются основными теоретическими и практическими платформами для образования и образования культуры здоровья человека и общества.

Сущность основой здоровья всегда была и остается физическая культура.

Заключение

Физическая культура – это здоровье, ценное руководство для социальной адаптации человека и общества к социальным, экономическим и духовным изменениям в окружающей среде. Произвольный контроль свободной энергии личности достигается мышечной активностью. Рациональное использование свободной (мышечной) энергии человека и свободного времени общества необходимо для оздоровления.

Здоровье – главное условие формирования личности – тема создания вашей истории и здоровья. Физическая культура является основной областью деятельности в культуре личного здоровья. Культура здоровья – это новая ценная мера прогресса.

Литература

1. Ананьев Б.Г. О проблемах современного человекознания. – СПб., 2001. – 120 с.
2. Вайнер Э.Н. Валеология. – М.: Флинта, 2001 – 416 с.
3. Бауэр Э.С. Теоретическая биология. – М., Л., 1935. – 80 с.
4. Головченко Г.Т., Бондаренко Т.В. Формирование личности специалиста средствами физического воспитания. – Харьков, 2001. – 164 с.
5. Давыдовский И.В. Общая патология человека. – М., 1969. – 124 с.
6. Зотин А.И. Термодинамика и кинетика биологических процессов. – М., 1980. – 148 с.
7. Зотин А.И. Термодинамический подход к проблемам развития, роста и старения. – М., 1964. – 128 с.
8. Менделеев Д.И. Заветные мысли. – М., 1995. – С. 26.
9. Орлов П. Свободное время: условия развития человека и мера общественного богатства. – Свердловск, 1989. – С. 86.

References

1. Ananiev B.G. On the problems of modern human science. – SPb, 2001.– 120 p.
2. Weiner E.N. Valeology. – M. : Flinta, 2001 – 416 p.
3. Bauer E.S. Theoretical biology. – M., L., 1935. – 80 p.
4. Golovchenko G.T., T.V. Bondarenko Formation of a specialist's personality by means of physical education.chenko. – Kharkov, 2001.– 164 p.
5. Davydovsky I.V. General human pathology. – M., 1969. – 124 p.
6. Zotin A.I. Thermodynamics and kinetics of biological processes. – M., 1980. – 148 p.
7. Zotin A.I. Thermodynamic approach to the problems of development, growth and aging. – M., 1964. – 128 p.
8. Mendeleev D.I. Cherished thoughts. – M., 1995. – P. 26.
9. Orlov P. Free time: conditions of human development and the measure of social wealth. – Sverdlovsk, 1989. – P. 86.

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)

2021, № 4

SCIENTIFIC MULTIDISCIPLINARY MAGAZINE

SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY
(polytechnical bulletin)

2021, № 4

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 22.12.2021.
Подписано в печать 25.12.2021.
Формат 60 x 84¹/₈.
Бумага офсетная.
Печать riso.
Уч.-изд. л. 18,6.
Тираж 500 экз.

It is handed over in a set 22.12.2021.
It is sent for the press 25.12.2021.
Format 60 x 84¹/₈.
Offset paper.
Riso press.
Ed.-prod. l. 18,6.
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 № 2326

Order №2326

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