



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

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

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

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

№ 3

2021



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

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

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

2021, № 3

**(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, № 3

**(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, Ukhta 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

ООО «Издательский Дом – Юг»

FOUNDER

JSC «Publishing House – South»

**АДРЕС РЕДАКЦИИ И
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

Абредж М.А.

Энергосбережение и энергоэффективность
на примере зарубежных практик 17

Abredzh M.A.

Energy saving and energy efficiency based on foreign practices

Изюмский А.А., Надирян С.Л., Кубарев А.В.

Актуальные проблемы, связанные с перевалкой сыпучих грузов,
при взаимодействии автомобильного и железнодорожного транспорта 26

Izumsky A.A., Nadiryay S.L., Kubarev A.V.

Actual problems related to the transshipment of bulk cargo
in the interaction of road and rail transport

Изюмский А.А., Надирян С.Л., Степаненко А.П.

Опыт внедрения современных средств безопасности
в организацию школьных перевозок 31

Izumsky A.A., Nadiryay S.L., Stepanenko A.P.

Experience in implementing modern security tools
in the organization of school transportation

Касьянов Г.И., Гафуров К.Х.,

Сиддиков И.Х., Файзиев Ш.И., Савин В.Н.

Анализ функционирования цифровой системы
управления процессом газожидкостной экстракции 36

Kasyanov G.I., Gafurov K.Kh.,

Siddikov I. Kh., Fayziev Sh.I., Savin V.N.

Analysis of the functioning of the digital system
gas-liquid extraction process control

Коновалова Т.В., Арешкина А.Е.,

Коцурба С.В., Надирян С.Л.

Анализ маршрутной сети г. Краснодара 46

Konovalova T.V., Areshkina A.E.,

Kotsurba S.V., Nadiryay S.L.

Analysis of the route network of Krasnodar

Коновалова Т.В., Миронова М.П.,

Коцурба С.В., Надирян С.Л.

Анализ мирового опыта транспортного планирования городов 51

Konovalova T.V., Mironova M.P.,

Kotsurba S.V., Nadiryay S.L.

Analysis of the world experience of urban transport planning

Кузьмина М.А., Мурая В.А., Надирян С.Л.

Перспективы развития новых технологий
мультимодальных перевозок в России 56

Kuzmina M.A., Muraya V.A., Nadiryay S.L.

Prospects for the development of new technologies
of multimodal transportation in Russia

Кузьмина М.А., Панков М.В., Надирян С.Л. Проблемы и совершенствования перевозки опасных грузов в России	61
Kuzmina M.A., Pankov M.V., Nadiryay S.L. Problems and improvements in the transportation of dangerous goods in Russia	
Омельянюк М.В., Шарнов А.И., Ладенко А.А. Разработка экспериментального стенда, моделирующего скважинные условия	65
Omelianyuk M.V., Sharnov A.I., Ladenko A.A. Development of an experimental stand simulating well conditions	
Омельянюк М.В., Горovenko Л.А., Ровенская О.П., Алексанян Г.О. Экспериментальные исследования генераторов кавитации	68
Omelianyuk M.V., Gorovenko L.A., Rovenskaya O.P., Aleksanyan G.O. Experimental studies of cavitation generators	
Прозорова А.С., Леонова А.Н. Преимущества и недостатки применения облегченных металлических конструкций в строительстве	71
Prozorova A.S., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of using lightweight metal structures in construction	

НАУКИ О ЗЕМЛЕ SCIENCES ABOUT THE EARTH

Горщарук А.П., Савенок О.В. Геологические основы для проектирования и анализа текущего состояния разработки Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения	79
Gorshcharuk A.P., Savenok O.V. Geological basics for designing and analyzing the current state of development of the Vostochno-Sotchem'yu-Talyyyuskoe field	
Горщарук А.П., Савенок О.В. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения	91
Gorshcharuk A.P., Savenok O.V. Analysis of carrying out hydrochloric acid treatment of wells of the Vostochno-Sotchem'yu-Talyyyuskoe field	
Зудин Б.Г., Савенок О.В. Подбор электроцентробежного насоса на скважину Восточно-Ламбейшорского месторождения	109
Zudin B.G., Savenok O.V. Selection of an electric centrifugal pump for a well of the vostochno-lambeysorskoye field	
Ковалев А.И., Савенок О.В. Анализ геолого-промысловой характеристики группы месторождений Денисовской площади	126
Kovalev A.I., Savenok O.V. Analysis of geological and field characteristics of a group of fields of the Denisovskaya square	

Осипов Н.А., Савенок О.В.	
Борьба с осложнениями при эксплуатации скважин Лыаельской площади ярегского месторождения	144
Osipov N.A., Savenok O.V.	
Combating complications during the operation of wells on the Iyaelskaya area of the Yaregskoye field	

Савенок О.В., Кусова Л.Г.	
Анализ текущего состояния разработки и выработки запасов газонефтяного месторождения Северное	161
Savenok O.V., Kusova L.G.	
Analysis of the current state of development and production of reserves on the Severnoye gas and oil field	

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

PEDAGOGICAL SCIENCES

Дворная З.М., Дворная З.Л.	
Особенности российской и западноевропейской систем высшего образования на современном этапе (сопоставительный аспект)	177
Dvornaya Z.M., Dvornaya Z.L.	
Features of the russian and western european higher education systems at the present stage (comparative aspect)	

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



TECHNICAL SCIENCES

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ НА ПРИМЕРЕ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРАКТИК



ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY BASED ON FOREIGN PRACTICES

Абредж Маргарита Адамовна

студентка,
Кубанский государственный
технологического университета
margo.abredzh@gmail.com

Аннотация. В статье приведен анализ сравнительных характеристик разработанных в последнее время и используемых во многих странах Европы методов повышения энергоэффективности, которые могут быть включены во время планирования, проектирования и строительства для обеспечения оптимального энергопотребления зданий.

Ключевые слова: энергоэффективность, вентиляция, отопление, HVAC.

Abredzh Margarita Adamovna

Student,
Kuban State Technological University
margo.abredzh@gmail.com

Annotation. The article provides an analysis of the comparative characteristics of recently developed and used in many European countries methods for improving energy efficiency, which can be included during planning, design and construction to ensure optimal energy consumption of buildings.

Keywords: energy efficiency, ventilation, heating, HVAC.

В последнее время в строительной отрасли все большее значение приобретает энергоэффективное строительство. Появилось движение которое направлено на конструирование зданий в более эффективной и экологичной манере с помощью уменьшения использованной энергии и организационной стоимости строительства и эксплуатации зданий [1].

Анализируя проблемы и перспективы энергосбережения в России, многие специалисты отмечали важность создания целостной законодательно-правовой базы и механизмов экономического стимулирования энергосбережения. В связи с этим в Минстрое РФ был подписан приказ по нормам потребления энергоресурсов, согласно которому здание должно потреблять 150 квт/ч на 1 кв. м площади. Согласно Федеральному закону «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 № 261-ФЗ, предусматривается постепенное снижение потребления энергетических ресурсов. По плану такое снижение должно проходить в три этапа: в ближайшие два года – на 15 %, через три-четыре года – на 30 % и к 2020 году – на 40 % [2].

Во многих развитых странах мира уже существуют достаточно эффективные механизмы такого рода. Приведем пример наиболее распространенных и эффективных способов строительства энергоэффективного здания для строителей в зарубежном опыте:

1. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха HVAC Systems

Установка энергоэффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха позволяет регулировать приток воздуха с помощью таких мер, как регулируемая установка вытяжного кожуха. Используя таймеры, можно свести к минимуму работу этих систем в периоды низкой активности в здании.

Хотя новейшие технологии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха могут быть более дорогостоящими, экономия энергии в долгосрочной перспективе делает их целесообразным выбором [2].

2. Солнечная энергия

Солнечные панели – это эффективный возобновляемый источник энергии, используемый для сокращения потребления электроэнергии. В зданиях их часто устанавливают для нагрева воды за счет питания гейзеров или бассейнов с подогревом.

Во время строительства важно размещать панели в той части здания, которая получает много солнечного света. И где достаточно места для необходимого количества панелей. Таким образом, обычно лучше всего устанавливать их на крышах зданий, где они могут непрерывно находиться на солнце в течение дня [3].

3. Изоляция

Энергоэффективные здания имеют возможность самостоятельно отапливать и охлаждать себя. Утеплитель здесь играет важную роль. Это помогает регулировать температуру в здании за счет уменьшения количества воздуха, выходящего из конструкции.

Эта строительная техника снижает нагрузку на системы отопления, вентиляции и кондиционирования в здании. Тем самым сокращается потребление электроэнергии.

Есть несколько способов обеспечить надлежащую изоляцию в здании. Один из способов – это конструкция из изолированной бетонной формы (**ICF – Insulated Concrete Form**), в которой используются блоки пенополистирола, которые идеально вписываются в секции конструкции. Блоки образуют уплотнение, предотвращающее сквозняки. Таким образом, они способствуют эффективной теплоизоляции здания, а также защите здания от пожара и погодных повреждений [3].

4. Строительный дизайн (проемы, свесы и ориентация)

Ориентация здания существенно влияет на его энергоэффективность. Расположение других элементов здания по отношению к солнцу также может иметь эффект.

Строители должны стремиться максимально регулировать температуру, чтобы свести к минимуму чрезмерное использование систем отопления или охлаждения [4].

В более теплом климате застройщики обычно стремятся уменьшить воздействие прямых солнечных лучей, тогда как в более прохладном климате здание расположено так, чтобы получать больше солнечного света. Это очень важно учитывать во время строительства, так как расположение будет иметь долгосрочное влияние на потребление энергии.

Также важно положение проемов, таких как двери и окна. Свесы – отличная строительная техника, которая может изменить воздействие солнца на здание. Благодаря стратегическому размещению они могут отбрасывать тень и помогать регулировать температуру в течение года [5].

5. Светодиодное освещение и дневное освещение

С годами светодиодное освещение заменило обычно используемые лампы накаливания или галогенные лампы. Основной причиной перехода к светодиодному освещению является его способность производить примерно такое же количество света, потребляя при этом одну пятую энергии по сравнению с его предшественниками. Таким образом, их пониженное потребление энергии снижает ежемесячные счета за электроэнергию.

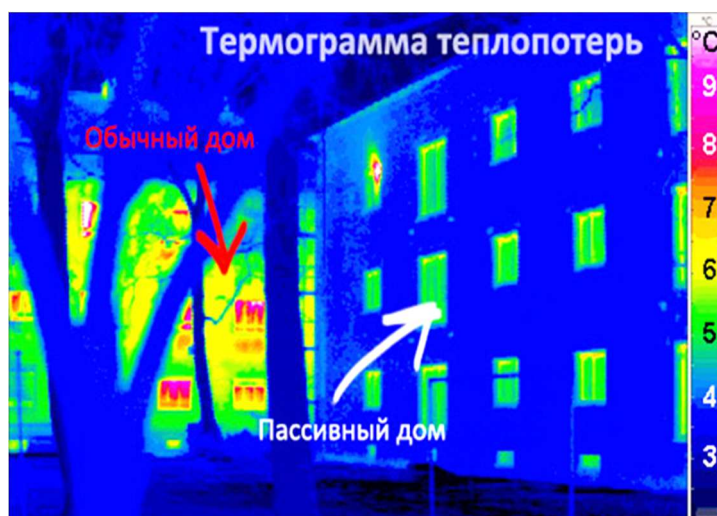


Рисунок 1 – Пример энергоэффективного дома

Кроме того, светодиодные лампы служат намного дольше, чем другие фонари. Это означает, что их нужно менять реже и меньше обслуживания. Светодиодное освещение изначально может быть более дорогим вложением. Но более низкие затраты на электроэнергию и техническое обслуживание делают первоначальный капитал окупаемым в долгосрочной перспективе.

Концепция дневного освещения часто реализуется в сочетании с эффективностью светодиодов, чтобы минимизировать потребление электроэнергии в здании. Такой строительный подход направлен на то, чтобы максимально оптимизировать использование естественного света.

Чтобы добиться этого, строители отдают предпочтение окнам и стеклянным элементам во всем здании, чтобы впустить больше естественного света. Стекло может быть одинарным, двойным или тройным в зависимости от конкретных потребностей конструкции [6].

Вот пример четырех самых энергоэффективных зданий в мире.

1. *One Angel Square, Манчестер, Соединенное Королевство*



Рисунок 2 – One Angel Square [7]

Манчестерская площадь One Angel Square является штаб-квартирой The Co-Operative Group и занимает 15 этажей. Система рекуперации тепла помогает повысить энергоэффективность, как и системы рециркуляции дождевой и серой воды на One Angel Square. Светодиодные лампы с низким энергопотреблением и ИТ-системы, а также теплоэлектроцентраль внутри обеспечивают практические преимущества экономии. Здание было оценено как выдающееся по BREEAM, Методике экологической оценки строительного исследовательского учреждения.

2. *Штаб-квартира Фонда Дэвида и Люсиль Паккард, Лос-Альтос, Калифорния*

Штаб-квартира Фонда Дэвида и Люсиль Паккард это самое большое здание в мире, имеющее сертификат Net-Zero Energy. Комплекс в Калифорнии на 95 процентов состоит из переработанных материалов из разрушенных зданий. Он обеспечивает все свои потребности в энергии и имеет в общей сложности 915 фотоэлектрических панелей на крыше. Одна из вещей, которая заставляет штаб-квартиру Фонда работать так хорошо, – это эффективное использование дневного света и водосточных желобов на крыше, которые собирают огромные 20000 галлонов дождевой воды, которая используется для орошения и ванн комнат здания.



Рисунок 3 – Штаб-квартира Фонда Дэвида и Люсиль Паккард [7]

3. *One Embankment Place, Лондон, Соединенное Королевство*



Рисунок 4 – One Embankment Place [7]

One Embankment Place в Великобритании существует с начала 1990-х годов и претерпел капитальный ремонт в 2000-х годах. В результате в 2013 году он получил самый высокий в мире рейтинг BREEAM. One Embankment Place доказывает, что здания можно успешно отремонтировать и использовать повторно. Энергоэффективное здание в Лондоне оснащено одной из крупнейших в мире систем трех генераторов, что позволило сократить выбросы углерода на впечатляющий 51 процент.

4. *Powerhouse Kjørbo, Осло, Норвегия*



Рисунок 5 – Powerhouse Kjørbo [7]

Компания Powerhouse Kjørbo в Осло была удостоена награды Norwegian Technology Award 2014 за то, что она так хороша в плане энергоэффективности. На самом деле здание состоит из двух зданий, которые были отремонтированы, а затем перестроены из переработанных материалов с учетом экологических требований. Потребление энергии в новом здании сократилось на целых 90 процентов. Грунтовые колодцы отапливают радиаторы и служат источником воды [7].

3. Система (HVAC Heating, Ventilation, & Air Conditioning) в многоквартирных домах

Разберем более подробно систему отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВиК), также HVAC (акроним от англ. *Heating, Ventilation, & Air Conditioning*).

Система Отопления, вентиляции и кондиционирования (далее – HVAC) – важный компонент разработки промышленных и административных зданий, а также бассейнов, где безопасные и комфортные условия по температуре и влажности поддерживаются с помощью подачи наружного воздуха. Основными задачами управления микроклиматом (HVAC) является:

- создание и поддержание комфортного для человека, растений, животных или материальных предметов (оборудования, произведений искусства и т.п.) микроклимата в пределах здания или сооружения;
- экономия энергии, затрачиваемой на создание и поддержание микроклимата [9].

Центральная система HVAC может обслуживать одну или несколько тепловых зон, а ее основное оборудование расположено за пределами обслуживаемой зоны (зон) в подходящем центральном месте внутри, наверху или рядом со зданием. Центральные системы должны кондиционировать зоны с их эквивалентной тепловой нагрузкой. Центральные системы HVAC имеют несколько контрольных точек, такие как термостаты для каждой зоны. Среда, используемая в системе управления для обеспечения тепловой энергии, подклассифицирует центральную систему HVAC, как показано на рисунке 2.

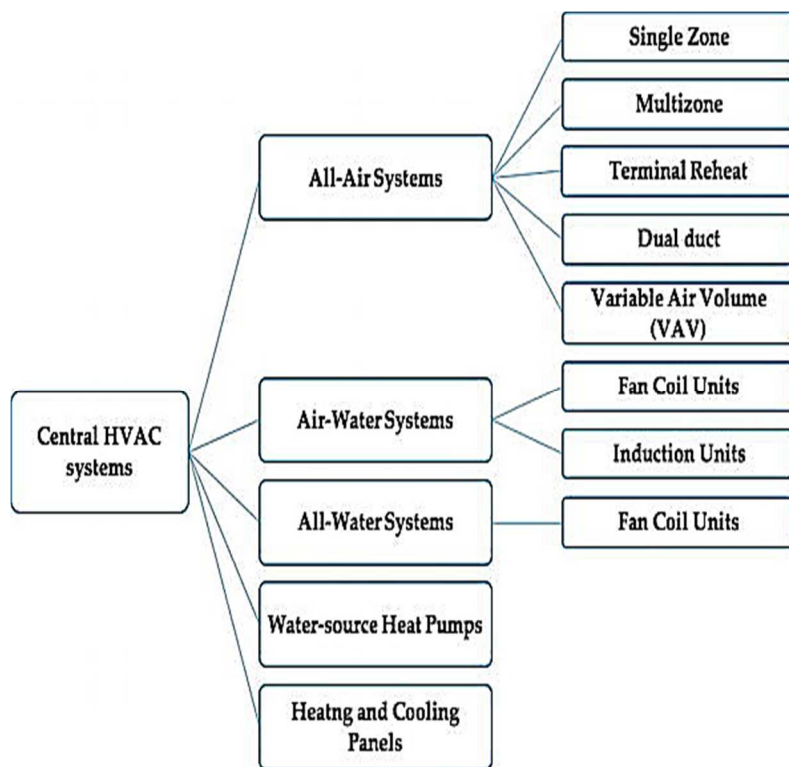


Рисунок 6 – Основные типы систем HVAC [8]

Средой передачи тепловой энергии может быть воздух, вода или и то, и другое, которые представляют собой воздушные системы, воздушно-водяные системы, водные системы. Кроме того, центральные системы включают тепловые насосы с водяным источником и панели отопления и охлаждения. Центральная система отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха имеет комбинированные устройства в вентиляционной установке, как показано на рисунке 7, которая содержит вентиляторы приточного и возвратного воздуха, увлажнитель, змеевик повторного нагрева, охлаждающий змеевик, змеевик предварительного нагрева, смешительную камеру, фильтр и наружный воздух [10].

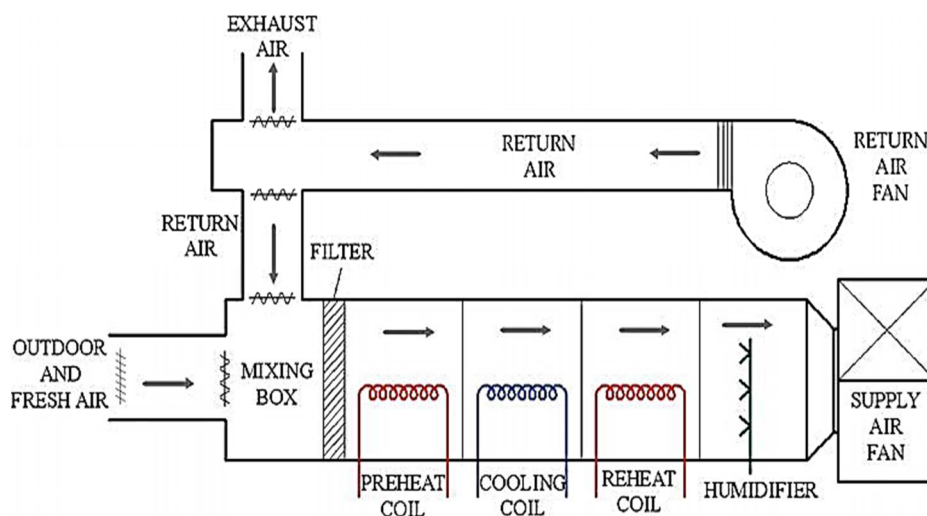


Рисунок 7 – Пример расположения оборудования HVAC [7]

3.1 Системы воздух-вода

Системы воздух-вода представлены как гибридная система, объединяющая в себе преимущества как полностью воздушных, так и полностью водяных систем. Объ-

ем комбинированного уменьшается, и производится наружная вентиляция, чтобы должным образом кондиционировать желаемую зону. Водяная среда несет ответственность за тепловую нагрузку в здании на 80–90 % через отопительную и охлаждающую воду, в то время как воздушная среда кондиционирует остальную часть. Есть два основных типа: фанкойлы и индукционные [11].

3.1.1 Фанкойлы

Фанкойлы для систем воздух-вода аналогичны водяным системам, за исключением того, что приточный воздух и кондиционированная вода подаются в желаемую зону из центрального кондиционера и центральных систем водоснабжения (например, бойлеров или чиллеров). Вентиляционный воздух можно отдельно доставлять в пространство или подключать к фанкойлам. Основными типами фанкойлов являются двух- или четырехтрубные системы, как показано на рисунке 8 [12].

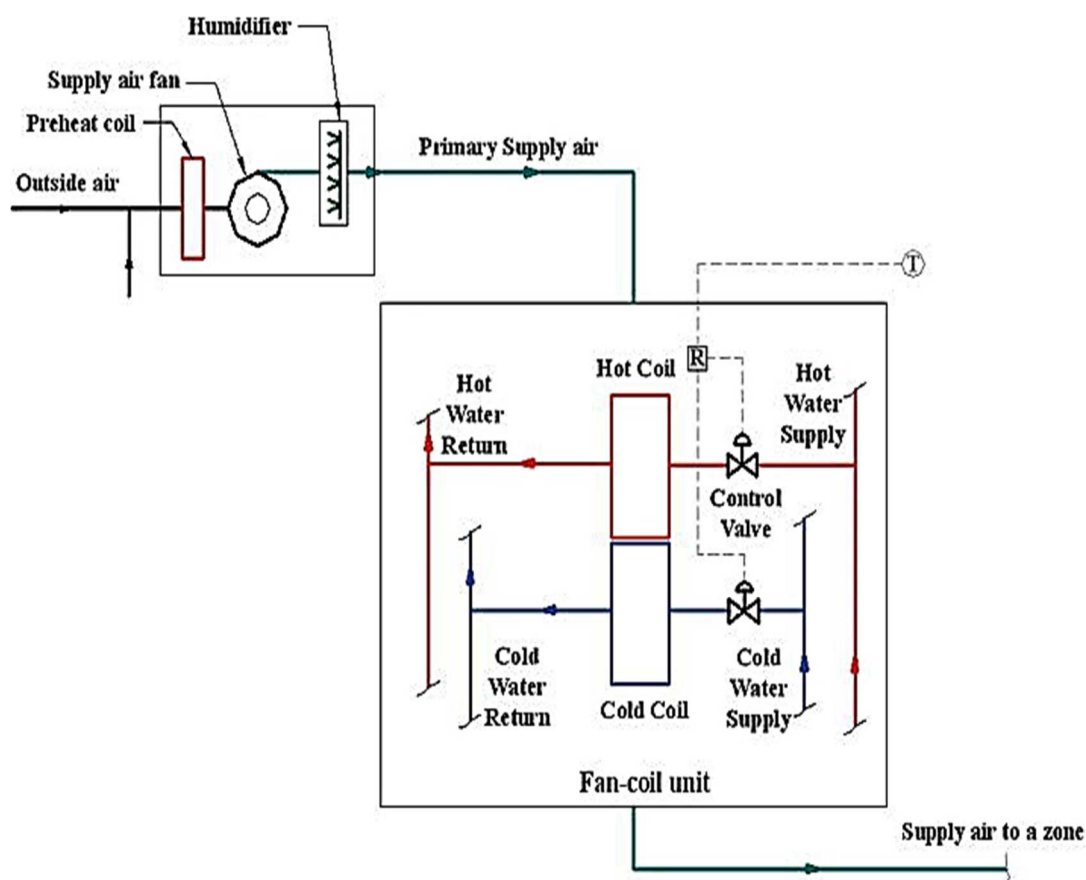


Рисунок 8 – Система воздух- вода с использованием фанкойлов [7]

3.1.2 Индукционные блоки

Индукционный блок индуцирует воздушный поток в помещении через шкаф, используя высокоскоростной воздушный поток от центрального кондиционера, который заменяет принудительную конвекцию вентилятора в фанкойле индукционным эффектом или эффектом плавучести индукционного блока, так как показано на рисунке 9. Это может быть выполнено как смешивание первичного воздуха из центрального блока и вторичного воздуха из комнаты для получения подходящего и кондиционированного воздуха в зоне [13].

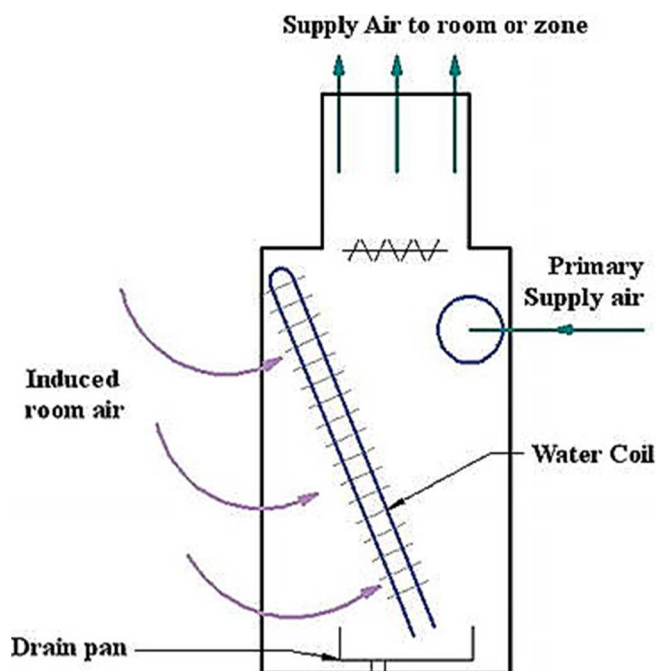


Рисунок 9 – Кондиционер [7]

Заключение

В результате проведенной работы, был проведен сравнительный анализ энергосберегающих систем на примере зарубежного опыта европейских стран. Этот анализ позволяет сделать вывод о том, что наиболее успешным является использование совокупности максимально большого количества рассматриваемых методов для достижения самой оптимальной энергоэффективности жилых помещений.

Литература

1. Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения : учебник / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Форум. [Б. м.] : Инфра-М, 2012. – 352 с.
2. Содномова С.Д. Энергосбережение и повышение энерго эффективности систем тепло-снабжения и вентиляции : конспект лекций / С.Д. Содномова ; М-во образования и науки РФ, ГОУ ВПО «Вост.-Сиб. гос. технолог. ун-т». – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2011. –166 с.
3. Зверев А.В. Энергоэффективность и энергосбережение: мировой опыт для России : монография / А.В. Зверев. – М. : Статистика России, 2011. – 176 с.
4. Дамбиев Ц.Ц. Теоретические основы энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии / Ц.Ц. Дамбиев; Департамент науч.-технол. политики и образования при МСХ РФ, ФГОУ ВПО Бурят. гос. с.-х. акад. имени В.Р. Филиппова. – Улан-Удэ : издательство БГСХА, 2008. – 196 с.
5. Язев В.А. Проблемы развития и реализации правовых инструментов энергосбережения при распределении электроэнергии, газа, тепла и воды / В.А. Язев, М.Н. Ермолович; Федеральное Собрание Российской Федерации, Государственная Дума. – М. : Издание Государственной Думы, 2011. – 143 с.
6. Энергосбережение в жилищном фонде: проблемы, практика и перспективы : справочник / Фонд ин-та экономики города. – М. : dena : Фонд «Ин-т экономики города», 2004. – 105 с.
7. URL : <https://housely.com/energy-efficient-buildings>
8. Shaimaa Seyam (November 5th 2018). Types of HVAC Systems, HVAC System, Mohsen Sheikholeslami Kandelousi, IntechOpen.
9. Карпанина Е.Н. Мониторинг энергоэффективных зданий / Е.Н. Карпанина, А.Н. Леонова // В сборнике: Строительство в прибрежных курортных регионах. Материалы IX международной научно-практической конференции. Сочинский государственный университет. – 2016. – С. 145–148.
10. Леонова А.Н. Конструктивное преимущество и эффективная функциональность энергосберегающих фасадов при реконструкции зданий / А.Н. Леонова, Е.Н. Сорокина // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2018. – № 9. – С. 206–215.

11. Volkov A.N. Energy performance and energy saving of life-support systems in educational institution / A.N. Volkov [et al.] // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 9. – № 2S. – P. 931–944.
12. Карпанина Е.Н. Некоторые аспекты использования конструкционных бетонов в каркасах энергоэффективных зданий / Е.Н. Карпанина, А.Н. Леонова // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 119–122.
13. Вербицкий Д.О. Энергоэффективность при строительстве и реконструкции зданий / Д.О. Вербицкий, А.Н. Леонова // В сборнике: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Международный центр инновационных исследований «OMEGA SCIENCE». – 2017. – С. 32–37.

References

1. Sibikin M.Yu. Energy saving technology: textbook/M.Yu. Sibikin, YD Sibikin. – 3rd ed., Revised and supplemented. – M. : Forum. [B. m.]: Infra-M, 2012. – 352 p.
2. Sodnomova S.D. Energy conservation and increase of energy efficiency of heat supply and ventilation systems: lecture package / Sodnomova Sodnomova; Moscow Department of Education and Science of the Russian Federation, GOU VPO «East Siberian State Technological University». – Ulan-Ude : VSSTU Publishing House, 2011. – 166 p.
3. Zverev A.V. Energy efficiency and energy conservation: world experience for Russia : monograph / A.V. Zverev. – M. : Statistics of Russia, 2011. – 176 p.
4. Dambiev C.C. Theoretical Foundations of Energy Conservation and Use of Renewable Energy Sources / C.C. Dambiev; Department of Scientific and Technological Policy and Education at the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, FGOU VPO Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. – Ulan-Ude : publishing house BGSNA, 2008. – 196 p.
5. Yazev V.A. Problems of development and implementation of legal instruments of energy saving in the distribution of electricity, gas, heat and water / V.A. Yazev, M.N. Ermolovich; Federal Assembly of the Russian Federation, State Duma. – M. : Edition of the State Duma, 2011. – 143 p.
6. Energy Saving in Housing: Problems, Practices and Prospects: Directory/City Economy Fund. – M. : dena: In-t City Economy Foundation, 2004. – 105 p.
7. URL : <https://houseely.com/energy-efficient-buildings>
8. Shaimaa Seyam (November 5th 2018). Types of HVAC Systems, HVAC System, Mohsen Sheikholeslami Kandelousi, IntechOpen.
9. Karpanina E.N. Monitoring of energy-efficient buildings / E.N. Karpanina, A.N. Leonova // In the collection: Construction in coastal resort regions. Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference. Sochi State University. – 2016. – P. 145–148.
10. Leonova A.N. The constructive advantage and effective functionality of energy-saving facades during the reconstruction of buildings / A.N. Leonova, E.N. Sorokin // Electronic Network Polythematic Journal «Scientific Works of KubGTU». – 2018. – № 9. – P. 206–215.
11. Volkov A.N. Energy performance and energy saving of life-support systems in educational institution / A.N. Volkov [et al.] // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 9. – № 2S. – P. 931–944.
12. Karpanina E.N. Some aspects of the use of structural concrete in the frames of energy-efficient buildings / E.N. Karpanina, A.N. Leonova // In the collection: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. FSBOU VO «Kuban State Technological University», International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 119–122.
13. Verbitsky D.O. Energy efficiency in the construction and reconstruction of buildings / D.O. Verbitsky, A.N. Leonova // In the collection: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. FSBOU VO «Kuban State Technological University», International Center for Innovative Research «OMEGA SCIENCE». – 2017. – P. 32–37.

УДК 656.073

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПЕРЕВАЛКОЙ
СЫПУЧИХ ГРУЗОВ, ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ АВТОМОБИЛЬНОГО
И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**



**ACTUAL PROBLEMS RELATED TO THE TRANSSHIPMENT OF BULK CARGO
IN THE INTERACTION OF ROAD AND RAIL TRANSPORT**

Изюмский А.А.

Кубанский государственный
технологический университет,
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный
технологический университет,
sofi008008@yandex.ru

Кубарев А.В.

Кубанский государственный
технологический университет,
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы и пути их решения при взаимодействии автомобильного и железнодорожного транспорта при перевалке сыпучих грузов. В работе приведен пример современного погрузочно-разгрузочного средства для сыпучих грузов, основанного на разности трения груза с полом подвижного состава. Статья представляет интерес для ученых, занимающихся вопросами взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: взаимодействие автомобильного и железнодорожного транспорта, погрузочно-разгрузочные средства, сыпучий груз, подвижный пол.

Izumsky A.A.

Kuban State Technological University,
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University,
sofi008008@yandex.ru

Kubarev A.V.

Kuban State Technological University,
sofi008008@yandex.ru

Annotation. The article discusses current problems and ways to solve them in the interaction of road and rail transport during the transshipment of bulk cargo. The paper gives an example of a modern loading and unloading facility for bulk cargo, based on the difference in the friction of the cargo with the floor of the rolling stock. The article is of interest to scientists dealing with the interaction of road and rail transport.

Keywords: interaction of road and rail transport, loading and unloading facilities, bulk cargo, movable floor.

В связи с тем, что каждый год увеличиваются темпы строительства гражданских объектов в центральной части России, увеличивается объём потребляемых, на этих стройках, стройматериалов, в частности щебня. Объёмы производства и перевозки щебня неизбежно растут, в след за потребностью данного стройматериала, что ведет к повышению нагрузки на пункты перевалки сыпучих грузов, в том числе и щебня. Так как основным транспортом доставки щебня в центральную часть России является железнодорожный транспорт, то на первый план выходят проблемы взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта при перевозке и перевалки сыпучих грузов (щебня).

Рассмотрим несколько основных проблем перевозки сыпучих грузов и возможные пути их решения при взаимодействии автомобильного и железнодорожного транспорта.

Первая проблема заключается в том, что в Российской Федерации перевозка больших объёмов сыпучих грузов на большие расстояния возможна только с использованием железнодорожного транспорта. Использование только автомобильного транспорта, на фоне продолжающегося роста цен на бензин, становится всё более и более дорогостоящим и перевозка становится не рентабельной. Использование морского транспорта сильно ограничивает возможные маршруты доставки, что также делает такой вид транспорта плохо подходящим для перевозок по большинству направлений. Использование железнодорожного транспорта оптимально для перевозок сыпучих грузов, но связано с проблемами несовершенства перевалочного процесса при перевалке груза с автомобильного транспорта на железнодорожный и наоборот, так как специальные погрузочные

средства дорогостоящие и большинство компаний предпочитают обходиться универсальными средствами, такими как тракторы с фронтальной ковшевой погрузкой. Поскольку парк полувагонов является универсальным, становится возможным осуществлять процедуру перевалки груза, обходясь только ковшовыми погрузчиками.

В качестве демонстрации типичной площадки для перевалки сыпучих грузов рассмотрим схему склада временного хранения вместе с погрузочной площадкой (ст. Лабинская) на предприятии ООО «Центр Восток» г. Краснодар [1–2], представленной на рисунке 1.

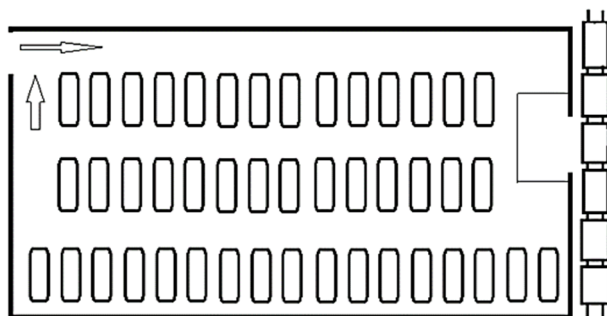


Рисунок 1 – Схема склада временного хранения вместе с погрузочной площадкой на предприятии ООО «Центр Восток»

Как мы можем видеть на схеме, представленной на рисунке 1, несовершенство данного метода заключается в том, что большинство компаний организуют всего одну погрузочную площадку, погрузку с которой может одновременно осуществлять всего один ковшовый погрузчик, а также в том, что подходы к погрузочной площадке и въезд на территорию складов временного хранения узкие и способствуют повышенной вероятности столкновения погрузчиков, работающих на линии. Для решения данной проблемы наиболее очевидным решением кажется использование ленточного конвейера, однако он не может самостоятельно осуществлять весь перевалочный процесс и его необходимо также использовать вместе с ковшовыми погрузчиками.

Второй проблемой является различие климатических условий в разных регионах Российской Федерации. Например, для Европейской части России характерна следующая ситуация: большая часть карьеров, оборудованных для добычи сыпучих промышленных грузов, находится на Северном Кавказе, в то время как основными потребителями данного вида груза являются такие центральные регионы России. В качестве примеров таких маршрутов погрузки в данные регионы представлены на ряд маршрутов рисунке 2 и 3 [3–4].

Маршрут погрузки автоматически определяется РЖД при подаче заявки на перевозку ЖД транспортом. С учётом остановок локомотива на сортировочных станциях и общего расстояния перевозки, можно с уверенностью утверждать, что доставка груза по маршруту на рисунке 2 займёт не менее 5 суток. Доставка груза по маршруту, представленному на рисунке 3, при тех же исходных данных, планируется к осуществлению не менее чем за 4 суток.

Рассматривая поднятую ранее проблему, связанную с осложнениями перевозочного процесса при перепадах температур, когда перевозка осуществляется между южными и северными регионами Российской Федерации, следует иметь в виду следующее. На Северном Кавказе в зимний период наблюдается температура в районе 0 градусов Цельсия, в то время как в более северных регионах в зимний период наблюдается стабильное падение температуры ниже нуля градусов Цельсия, что приводит к заледенению и смерзанию груза при доставке и требует сложных процедур для разморозки груза, либо приводит к длительным простоям груженых вагонов в ожидании потепления. К сожалению, решение данной проблемы традиционными методами не представляется возможным.

В качестве возможного усовершенствования при перевозке сыпучих грузов можно использовать так называемый «подвижный пол» от компании Cargo Floor B.V [5–6].

↶ Маршрут перевозки

1 616 км расстояние ж/д перевозки

- ЛАБИНСКАЯ
- ЛЮБЕРЦЫ 2

- ЛАБИНСКАЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 32 км
- КУРГАННАЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 40 км
- АРМАВИР-ТУАПСИНСКИЙ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 4 км
- АРМАВИР-РОСТОВСКИЙ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 5 км
- ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ 302 КМ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ



Рисунок 2 – Маршрут перевозки щебня со ст. Лабинская на ст. Люберцы 2

↶ Маршрут перевозки

1 169 км расстояние ж/д перевозки

- ЛАБИНСКАЯ
- САРАТОВ 2-ТОВАРНЫЙ

- ЛАБИНСКАЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 32 км
- КУРГАННАЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 40 км
- АРМАВИР-ТУАПСИНСКИЙ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 4 км
- АРМАВИР-РОСТОВСКИЙ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ 5 км
- ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ 302 КМ СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ

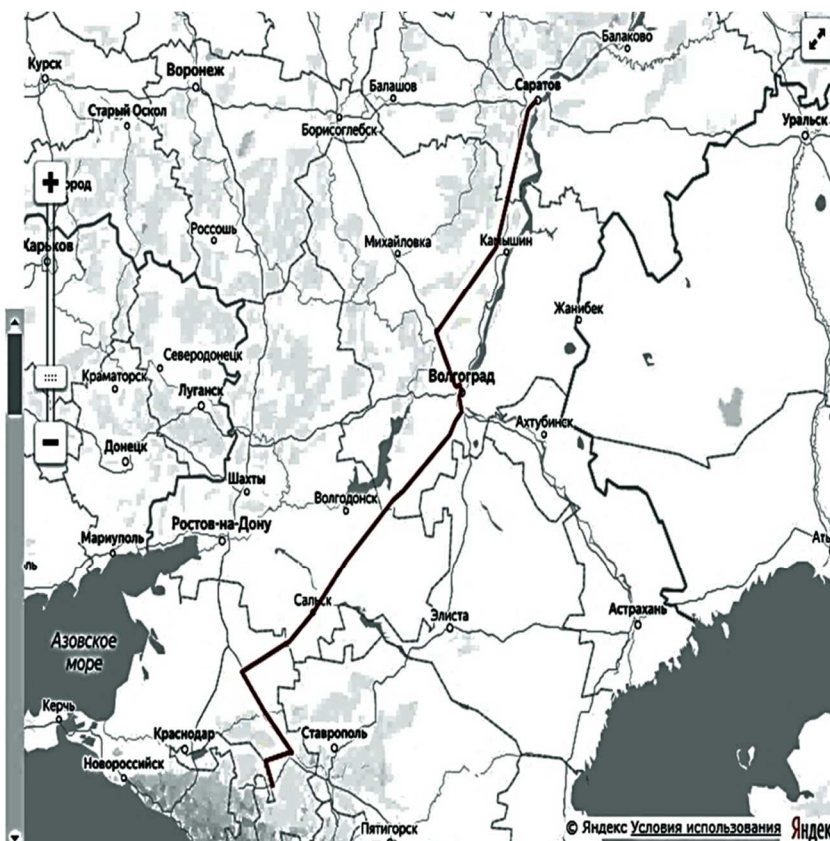


Рисунок 3 – Маршрут перевозки щебня со ст. Лабинская на ст. Саратов 2 – Товарный

На рисунке 4 представлена работа такой системы на разгрузке сыпучих грузов из кузова автомобильного полуприцепа.



Рисунок 4 – Пример работы системы Cargo Floor на разгрузке сыпучих грузов из кузова автомобильного полуприцепа

Cargo Floor B.V. является ведущим международным разработчиком и производителем уникальной многофункциональной системы горизонтальной погрузки и разгрузки с гидравлическим приводом. Для быстрого и эффективного перемещения различных насыпных грузов большого объема Cargo Floor предлагает использовать данные гидравлические системы подвижного пола. Данная система Cargo Floor основана на принципе «moving floor», что означает подвижный пол, который осуществляет перемещение грузов при помощи последовательного, продольного движения напольных профилей [2].

Эта транспортная система идеально подходит для разгрузки самых разных сыпучих грузов, которые обычно загружаются сверху и безопасно выгружаются горизонтально через заднюю часть «раздвижным полом» грузового пола.

Аналогичными системами могут быть оборудованы не только подвижные средства, но и отдельные бункеры.

Литература

1. Коновалова Т.В. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
2. Коновалова Т.В. 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.
3. Коновалова Т.В. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.П. Миронова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
4. Коновалова Т.В. 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.
5. Коновалова Т.В. Оценка проектных решений на транспорте / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
6. Коновалова Т.В. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.]; Отв. за вып. Е.Е. Витвицкий // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ». – 2015. – С. 74–77.

References

1. Konovalova T.V. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
2. Konovalova T.V. 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.
3. Konovalova T.V. Improvement of methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, M.P. Mironova. Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
4. Konovalova T.V. 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.
5. Konovalova T.V. Evaluation of design solutions in transport / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
6. Konovalova T.V. Research of the market of transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.]; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky // In the collection: International scientific and practical conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of the SibADI FSBEI HPE). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». FSBEI HPE «SibADI», Department «OPiUT». – 2015. – P. 74–77.

УДК 656.073

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ В ОРГАНИЗАЦИЮ ШКОЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК



EXPERIENCE IN IMPLEMENTING MODERN SECURITY TOOLS IN THE ORGANIZATION OF SCHOOL TRANSPORTATION

Изюмский А.А.

Кубанский государственный
технологический университет,
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный
технологический университет,
sofi008008@yandex.ru

Кубарев А.В.

Кубанский государственный
технологический университет,
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные средства безопасности при организации школьных перевозок. В работе приведен подробный разбор работы средств повышения безопасности при организации школьных перевозок. Статья представляет интерес для ученых, занимающихся вопросами пассажирских школьных перевозок.

Ключевые слова: школьные перевозки, пассажирские перевозки, нормативные документы, конструктивные особенности автобусов, школьники.

Izumsky A.A.

Kuban State Technological University,
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State Technological University,
sofi008008@yandex.ru

Kubarev A.V.

Kuban State Technological University,
sofi008008@yandex.ru

Annotation. The article discusses modern security measures in the organization of school transportation. The paper provides a detailed analysis of the work of safety improvement tools in the organization of school transportation. The article is of interest to scientists involved in passenger traffic school.

Keywords: school transportation, passenger transportation, regulatory documents, structural features of buses, students.

Основной причиной дорожно–транспортных происшествий при перевозках пассажиров автобусами является нарушение водителями Правил дорожного движения. Наиболее трагичными представляются дорожные происшествия с участием школьных автобусов, в результате которых страдают дети.

Проблематика школьного транспорта для России является сравнительно молодой. Президентская программа «Сельский школьный автобус» в рамках национального проекта «Образование» была создана в 2001 году. В России существует несколько модификаций автобусов для перевозки детей, получивших одобрение типа транспортного средства в соответствии с соответствующими требованиями.

Обеспечение безопасности учеников в школьном автобусе и вокруг него может быть проблемой для водителя. Водителю школьного автобуса нужно постоянно отслеживать все перемещения вокруг автобуса и предупреждать всех участников движения о посадке и высадке школьников. Решить проблему кругового обзора и предупреждения о посадке и высадке школьников можно при помощи современных средств обзора и оповещения, которыми может быть дооборудованы не только новые школьные автобусы так и использующиеся сейчас, вид такого современного школьного автобуса, оборудованного системой оповещения о посадке школьников представлен на рисунке 1.

Компания *School Bus Fleet* (компания по обеспечению школьных перевозок) обратилась к нескольким технологическим компаниям в области обеспечения видимости вокруг транспортных средств, чтобы узнать о новшествах по повышению безопасности водителей и школьников. К техническому обеспечению безопасности школьных перевозок относятся системы камер высокой четкости, стопорные рычаги, оснащенные радаром и технологиями искусственного интеллекта, а также светодиодные зеркала поперечного обзора.



Рисунок 1 – Вид современного школьного автобуса

Первым техническим решением в области обеспечения безопасности школьных перевозок является оборудование автобуса внешними камерами [1]. Внешняя камера для увеличения поля зрения водителя, которая захватывает движение за счет внешней камеры Parallax с полем обзора 210 градусов. Камера, установленная на стороне водителя или пассажирской двери автобуса, захватывает достаточно широкий обзор, чтобы охватить даже внешнюю боковину автобуса, от переднего бампера до заднего бампера. Благодаря объективу 4 МП камера превосходит разрешение 4К без эффекта «рыбьего глаза» широкоугольных объективов. Внешняя камера Parallax имеет степень водонепроницаемости IP67 и ударопрочность IK08. Вид внешней камеры Parallax представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Вид внешней камеры Parallax

Камера также совместима с мобильными цифровыми видеорегистраторами серии Vulcan от компании AngelTrax и мобильными сетевыми видеорегистраторами серии Vulcan Hybrid Component, что позволяет осуществлять непрерывную фиксацию всех действий водителя и других участников движения.

Следующим техническим решением в области безопасности работы школьных автобусов следует отметить систему радаров и камер от компании REI [2]. Решения REI для наблюдения и помощи водителю объединяет передовые технологии, такие как радарные и лидарные датчики, искусственный интеллект и камеры высокой четкости, чтобы повысить безопасность школьников при транспортировке.

Эти усовершенствования помогают водителям лучше понимать окружающую среду и позволяют быстро и эффективно реагировать на потенциальные опасности вокруг них.

Пример работы решения REI для школьных автобусов представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример работы системы 3D 360°

Среди интересных решений REI следует отметить:

- автоматическая система Stop-Arm, которая объединяет HD-камеры и радар для обнаружения незаконного проезда стрелок школьного автобуса днем или ночью, а также автоматически фиксирует изображения номерных знаков нарушителей;
- система 3D 360°, объединяющая HD-камеры и лидар для обеспечения трехмерного, панорамного обзора опасных зон автобуса с высоты птичьего полета и помощи водителям во время парковки и смены полосы движения с обзором слепых зон и углов;
- система предотвращения столкновений Mobileye, которая интегрирует искусственный интеллект с радаром, чтобы активировать упреждающие предупреждения для водителей и транспортных средств о превышении скорости, выезде с полосы движения, небезопасном расстоянии следования и потенциальных столкновениях с пешеходами, велосипедистами и т.д.

Из систем предупреждения других участников движения помимо водителя автобуса следует отметить систем предупреждения Safe Fleet, состоящую из стоп-рычага и системы радаров, световой и звуковой сигнализации [3–4].

Стоп-рычаг Safe Fleet, оснащенный технологией искусственного интеллекта, объединяет датчики и искусственный интеллект для упреждающего уведомления приближающихся автомобилистов, водителей автобусов и учащихся о потенциальных опасностях вокруг школьного автобуса. Пример работы стоп-рычага Safe Fleet для школьных автобусов представлен на рисунке 4.

Система обнаруживает транспортные средства, которые, по ее мнению, вряд ли остановятся, когда задействован стопорный рычаг школьного автобуса, а затем выдает звуковые и визуальные предупреждения внутри и снаружи транспортного средства.

По словам представителей компании Safe Fleet, цель состоит в том, чтобы предотвратить потенциальную аварию до того, как она произойдет.

Стоп-рычаг прогнозирующей остановки включает в себя следующие компоненты:

- блок управления, называемый модулем предупреждения о безопасности (SAM), установлен внутри автомобиля;
- два внешних модуля доплеровского радара 24 ГГц на транспортном средстве, которые обычно устанавливаются непосредственно под стопорным рычагом. Один радар отслеживает приближающееся движение транспорта спереди автобуса; другой радар следит за движением транспорта, приближающимся сзади автобуса;



Рисунок 4 – Пример работы светодиодного зеркала Eye-Max от Rosco Vision Systems

– визуальные предупреждения/аварийные сигналы передаются через модуль дисплея SAM. Этот блок с автоматическим распознаванием света обеспечивает трехцветное визуальное предупреждение: зеленый – нормальный, желтый – предупреждение, красный – тревожный;

– два внешних рупора обеспечивают звуковые сигналы для студентов и оператора автобуса.

Также следует отметить систему кругового обзора от компании Safety Vision [5–6]. Зеркальный монитор школьного автобуса предоставляет изображение высокой четкости представляет из себя резервную камеру, монитор HD для школьного автобуса Safety Vision обеспечивает водителю круговой обзор автобуса. Оснащенное четырьмя HD-камерами, стратегически размещенными вокруг транспортного средства, решение также может интегрироваться с бортовым регистратором Safety Vision, который, по словам поставщика, поддерживает до 12 дополнительных автомобильных камер.

Пример работы Safety Vision для школьных автобусов представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Пример работы Safety Vision для школьных автобусов

По словам поставщика, дополнительные входы для камер позволяют школьным округам оснащать свои автобусы камерами со стоп-сигналом и пользоваться услугами службы цитирования Safety Vision. Решение также можно модернизировать для добавления встроенного Wi-Fi.

Внедрение вышеперечисленных или подобных систем безопасности в организацию школьных перевозок позволяет не только облегчить работу водителей школьных автобусов, но также предотвратить возможность возникновения дорожно-транспортного происшествия как по вине самих школьников так и других участников движения.

Литература

1. Коновалова Т.В. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
2. Коновалова Т.В. 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.
3. Коновалова Т.В. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.П. Миронова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
4. Коновалова Т.В. 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.
5. Коновалова Т.В. Оценка проектных решений на транспорте / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
6. Коновалова Т.В. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.]; Отв. за вып. Е.Е. Витвицкий // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ». – 2015. – С. 74–77.

References

1. Konovalova T.V. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
2. Konovalova T.V. 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.
3. Konovalova T.V. Improvement of methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, M.P. Mironova. Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
4. Konovalova T.V. 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.
5. Konovalova T.V. Evaluation of design solutions in transport / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
6. Konovalova T.V. Research of the market of transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.]; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky // In the collection: International scientific and practical conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of the SibADI FSBEI HPE). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». FSBEI HPE «SibADI», Department «OPiUT». – 2015. – P. 74–77.

УДК 664.857.53.09

**АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ**



**ANALYSIS OF THE FUNCTIONING OF THE DIGITAL SYSTEM
GAS-LIQUID EXTRACTION PROCESS CONTROL**

Касьянов Геннадий Иванович

доктор технических наук, профессор,
Кубанский государственный
технологический университет

Гафуров Карим Хакимович

кандидат технических наук, (PhD),
Бухарский инженерно-технологический институт,
г. Бухара, Узбекистан

Сиддиков Илхомжон Хакимович

доктор технических наук, профессор,
Ташкентский государственный
технический университет имени Ислама Каримова,
г. Ташкент, Узбекистан

Файзиев Шавкат Исматович

доктор философии
(PhD) по техническим наукам

Савин Владимир Николаевич

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный университет

Аннотация. В настоящее время на перерабатывающих предприятиях СНГ выполняются комплексные программы рационального использования вторичных ресурсов сельскохозяйственного производства. К перспективным технологиям получения пищевых добавок из вторичного сырья относится экстракция сжиженными и сжатыми газами. Цель исследования – анализ функционирования цифровой системы управления процессом газожидкостной экстракции. Создана математическая модель, определяющая зависимость поведения плоской частицы в квазислоях, в контакте с экстрагентом. Выявлена зависимость коэффициента диффузии от продолжительности процесса газожидкостной экстракции. Разработана функциональная схема системы автоматического управления процессом экстракции. На основе полученных уравнений для расчета компенсаторов разработан алгоритм поиска настроечных параметров управляющей части многомерной цифровой системы управления, позволяющий обеспечить высокое быстродействие и точность многомерной цифровой системы управления.

Ключевые слова: диоксид углерода; экстракция; гидромодуль; математическая модель, уравнение регрессии, управление процессом экстракции.

Kasyanov Gennady Ivanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kuban State Technological University

Gafurov Karim Khakimovich

Candidate of Technical Sciences, (PhD),
Bukhara Engineering
Technological Institute,
Bukhara, Uzbekistan

Siddikov Ilkhomjon Khakimovich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov,
Tashkent, Uzbekistan

Fayziev Shavkat Ismatovich

Doctor of Philosophy
(PhD) in Technical Sciences

Savin Vladimir Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State University

Annotation. At present, the processing enterprises of the CIS are carrying out comprehensive programs for the rational use of secondary resources of agricultural production. Extraction with liquefied and compressed gases is one of the promising technologies for the production of food additives from secondary raw materials. The aim of the research is to analyze the functioning of the digital control system for the gas-liquid extraction process. A mathematical model has been created that determines the dependence of the behavior of a plane particle in quasi-layers in contact with an extractant. The dependence of the diffusion coefficient on the duration of the gas-liquid extraction process has been revealed. A functional diagram of a system for automatic control of the extraction process has been developed. On the basis of the obtained equations for calculating compensators, an algorithm for searching the tuning parameters of the control part of a multidimensional digital control system has been developed, which makes it possible to ensure high speed and accuracy of a multidimensional digital control system.

Keywords: carbon dioxide; extraction; hydronic module; mathematical model, regression equation, extraction process control.

Сельское хозяйство Республики Узбекистан развивается ускоренными темпами. В 2020 г. было выращено около 13,6 млн т овощей, 4,5 млн т фруктов, 1,6 млн т винограда, 0,8 млн т абрикоса, 1,2 млн т яблок. При переработке этих культур остается значительное количество выжимки и других видов вторичных ресурсов. Поэтому в Республике остро стоит вопрос привлечения высоких технологий для переработки вторичных сельскохозяйственных ресурсов.

Существующие способы и устройства для газожидкостной экстракции

К числу таких технологий относится способ извлечения ценных компонентов из семян и выжимки плодов с помощью жидкого и флюидного диоксида углерода [1]. Специалисты Бухарского инженерно-технологического института, совместно с российскими коллегами, разработали варианты аппаратного оформления процесса CO_2 -экстракции [2, 3]. Большие перспективы имеет освоение способа экстрагирования веществ из сырья диоксидом углерода в сверхкритических условиях [4]. Этот способ обработки сырья при давлении насыщенных паров растворителя 40 МПа и температуре 50 °С, позволяет получать выход экстрактивных веществ в 1,5–2,0 раза выше, по сравнению с докритическим способом при давлении 6,4 МПа и температуре 25 °С.

Специалисты российской фирмы «НПП Плазма К» разработали установки и режимы обработки сырья диоксидом углерода [5–7]. Специалисты Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова предложили способ имитационного моделирования системы управления экстракционным процессом на основе синергетического подхода [8]. В КубГТУ предложили варианты автоматического управления проведением газожидкостной экстракции с целью оптимизации производственных процессов [9]. Важную роль в совершенствовании экстракционных технологий играют способы математического моделирования и исследовании систем управления процессом экстракции растительного сырья сжиженным углекислым газом [10].

Снизить энергетические затраты на организацию процесса газожидкостной экстракции удалось с помощью разработки человеко-машинного интерфейса для теплового насоса CO_2 -экстракционной установки [11]. Интенсифицировать процесс суб- и сверхкритической экстракции компонентов из сырья, стало возможным за счет использования электромагнитного поля низкой частоты и ультразвука [12]. Внимание исследователей привлечено к обеспечению безопасности процесса газожидкостной экстракции способами системного анализа [13].

В последние годы продолжается поиск перспективных сырьевых источников для получения концентратов БАВ [14]. Практически осуществлен переход от лабораторного этапа исследований в области сверхкритических флюидных технологий к промышленному внедрению [15].

Обзор научно-технической литературы подтвердил перспективность проведения исследований в области математического планирования процесса газожидкостной экстракции.

Цель исследования – анализ функционирования цифровой системы управления процессом извлечения ценных компонентов из масличного сырья жидким диоксидом углерода.

К основным свойствам процесса газожидкостной экстракции, с учетом детерминантно-стохастической природы массообменных процессов, относится взаимодействие в системе «твердое тело-жидкость», характеризующееся изменением средней концентрации экстрактивных веществ, извлекаемых из каждой частицы сырья.

Предназначенное для переработки масличное сырье проходит обязательные стадии предварительной подготовки: инспекцию, удаление нежелательных примесей, измельчение, лепесткование, загрузку в сетчатые кассеты и помещение в экстрактор. Процесс экстракции организован при давлении 5085–6436 кПа и температуре от 15 до 25 °С.

На рисунке 1 приведена аппаратная схема получения экстрактов в субкритическом режиме.

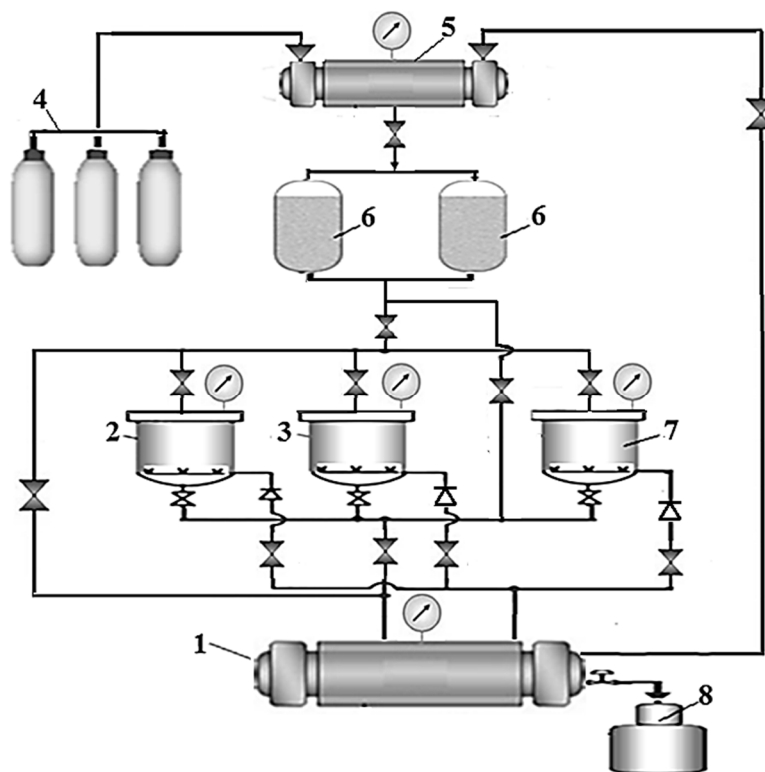


Рисунок 1 – Аппаратурная схема субкритической экстракционной установки:
 1 – испаритель; 2, 3 – экстракторы; 4 – рампа с баллонами CO₂;
 6 – емкости-накопители жидкого CO₂; 7 – пульсатор; 8 – сборник экстракта

Разработка математической модели процесса газожидкостной экстракции

Создание математической модели, показывающей зависимость поведения плоской частицы в квазислоях, непосредственно соприкасающихся с экстрагентом, описывается уравнением массообмена между твердой фазой масляного сырья (G_0) и количеством масла в его составе и разницы между количеством шрота ($G_{ш}$) и остаточного масла в шроте имеет следующий вид:

$$G_0 - G_0 \times a_0 = G_{ш} - G_{ш} \times a,$$

где a_0 – начальная маслячность сырья, a – маслячность шрота.

При этом количество масла (G_M), переходящего в жидкую фазу определяется разностью между количеством исходного сырья и шрота:

$$G_M = G_0 \times a_0 - G_{ш} \times a \text{ или } G_M = G_0 \cdot a_0 - G_0 \frac{1 - a_0}{1 - a} \cdot a.$$

В соответствии с уравнением материального баланса процесса экстракции, в системе «твердое тело-жидкость» изменения содержания масла в экстрагенте определяется по формуле:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{V\rho} (Ly_0 - Ly + G_M),$$

где L , V и ρ – количество, объем и плотность экстрагента в жидкой фазе; y – концентрация масла в мисцелле; y_0 – начальная концентрация в экстрагенте.

Так как в качестве экстрагента используется углекислый газ, то его масса определяется по формуле:

$$L = L_0 \cdot \frac{1 - y_0}{1 - y},$$

где L_0 – начальное значение экстрагента.

В результате получим математическое описание изменения концентрации масла в жидкой фазе:

$$\frac{dy}{dt} \cdot m = L_0 \cdot \left(y_0 - \frac{1 - y_0}{1 - y} y \right) + G_M = L_0 \cdot \left(y_0 - \frac{1 - y_0}{1 - y} y \right) + G_0 \cdot \left(a_0 - \frac{1 - a_0}{1 - a} \cdot a \right),$$

где m – масса масла.

Применяя преобразование Лапласа, получим:

$$y \cdot m = \frac{1}{P} \cdot \left[L_0 \cdot \left(y_0 - \frac{1 - y_0}{1 - y} y \right) + G_M \right] = \frac{L_0}{P} \cdot \left[\left(y_0 - \frac{1 - y_0}{1 - y} y \right) + G_0 \cdot \left(a_0 - \frac{1 - a_0}{1 - a} \cdot a \right) \right].$$

В статическом режиме концентрация в жидкой фазе имеет вид:

$$y = \frac{L_0 y_0 + G_M}{G_M + L}.$$

Для анализа внутренних свойств процесса экстракции растительного сырья разработана компьютерная модель среднего квазислоя частицы сырья. Для определения критических значений процесса экстракции в качестве исходных данных взяты предельно допустимые значения давления углекислого газа как экстрагента и его температуры.

В результате эксперимента определено влияние коэффициента диффузии на интенсивность массопереноса. Эксперимент показал, что, при значении коэффициента диффузии $D = 4,5 \times 10^{-12}$ м²/с, продолжительность экстракции составляет 600 сек, при этом масличность сырья уменьшается с 15 % до 3 % (рис. 2 а, синяя линия), а концентрация мисцеллы увеличивается (рис. 2 а, красная линия).

Разработана статистико-математическая модель процесса экстракции растительного сырья со сжиженным углекислым газом с использованием метода планирования эксперимента, в результате которого получено уравнение регрессии в виде:

$$y = 8,28 + 0,09x_1 - 0,08x_2 + 0,16x_3 + 0,09x_1^2 + 0,09x_2^2 + 0,19x_3^2 - 0,10x_2x_3.$$

Для определения оптимальных значений сформулировано математическое описание задачи оптимизации в виде:

$$y = f(x_1; x_2) \rightarrow \max$$

$$6,5 \text{ МПа} \leq x_1 \leq 7,5 \text{ МПа} \quad 30 \text{ }^\circ\text{C} \leq x_2 \leq 40 \text{ }^\circ\text{C},$$

где x_1 – давление в экстракторе, x_2 – температура в экстракторе.

Разработка алгоритма оптимизации процесса газожидкостной экстракции с применением модифицированного симплексного планирования с постоянно-переменным шагом.

Для поиска оптимальных значений управляемых параметров, в нашем случае давление и температура экстрагента, подаваемые на вход экстрактора, разработан алгоритм поиска оптимизации с применением модифицированного симплексного планирования с постоянно-переменным шагом. В результате найдены оптимальные значения давления $P = 7,25$ МПа, температура $T = 32$ °С экстрагента.

Разработанный алгоритм поиска можно использовать для решения задачи определения оптимальных режимов работы технологического агрегата в различных производственных ситуациях. Разработана возможность управления технологическими параметрами процесса экстракции растительного сырья сжиженным углекислым газом (рис. 2).

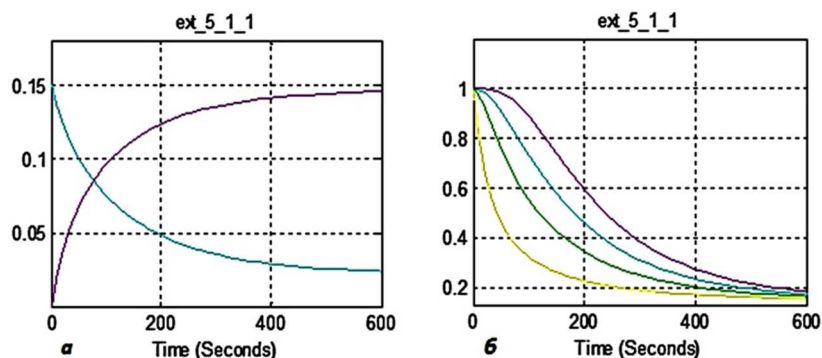


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента диффузии от продолжительности процесса экстракции

Коэффициент диффузии $D = 4,5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ (а) зависит от концентрации экстрагируемых веществ в квазислоях (б).

Решена задача непосредственного управления технологическими параметрами.

Разработка функциональной схемы системы автоматического управления процессом экстракции

Целесообразность компенсации взаимного влияния параметров на ход процесса связана с тем, что наличие взаимосвязанности каналов передач существенно усложняет решение задачи синтеза системы управления. В этом случае возникает необходимость компенсировать взаимовлияние переменных, обеспечивая автономность контуров управления и придавая необходимые динамические свойства устойчивости системы управления. Автономность каналов управления обеспечивается за счет ввода компенсирующих устройств, позволяющих уменьшить взаимовлияние перекрестных каналов связи.

В этом случае матрица передаточных функций замкнутой системы, с учетом матричных представлений передаточных функций компенсирующих устройств $W_k(p)$ и регуляторов $W_p(p)$, определяется следующим образом:

$$\bar{y} = (I + W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u)^{-1} \cdot W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u \cdot y^3,$$

где I – единичная матрица $r \times r$; y^3 – задания для каждого канала управления.

На рисунке 3 показана функциональная схема системы автоматического управления процессом газожидкостной экстракции.

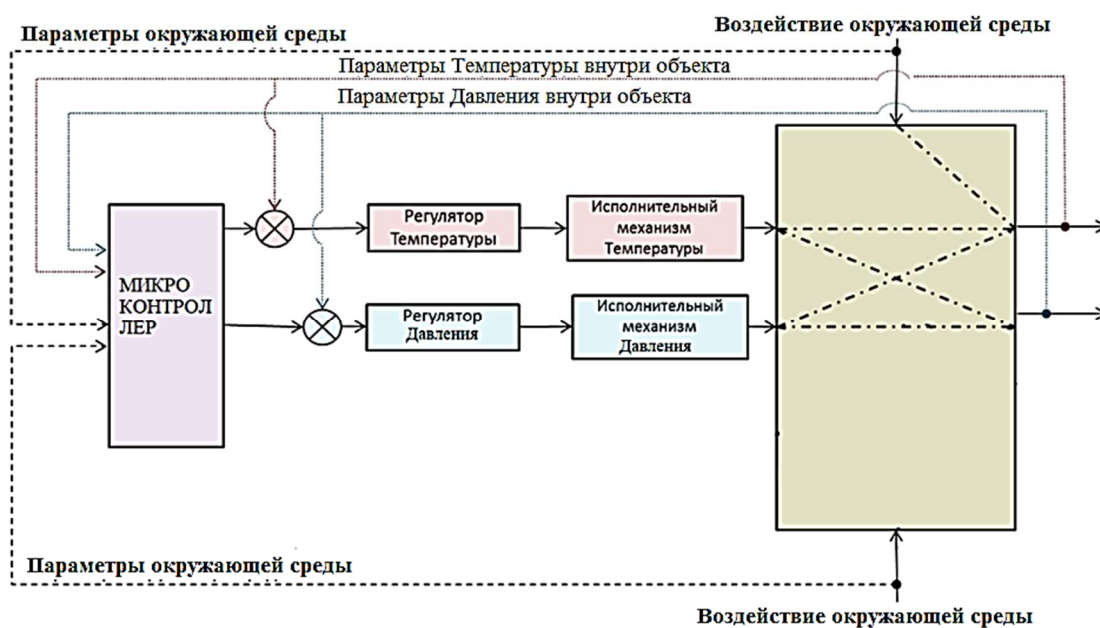


Рисунок 3 – Функциональная схема системы автоматического управления процессом экстракции

Условие автономности каналов связи обеспечивается при диагональности матрицы $(I + W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u)$. Так как I – единично-диагональная матрица, то произведение $(W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u)$ также будет диагональной:

$$R = W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u,$$

где R – диагональная матрица, $diag[R] = diag[W_o^u \cdot W_k^u \cdot W_p^u]$.

Передаточная функция W_p^u – диагональная матрица, в этом случае матрица R будет диагональной при условии, что произведение $(W_o^u \cdot W_k^u)$ также является диагональной матрицей. Умножая эти две матрицы, получим:

$$W_o^u \cdot W_k^u = \begin{bmatrix} W_o^{u[1][1]}(z) + \sum_{i=2}^r W_o^{u[i][1]}(z) \cdot W_k^{u[t][i]}(z) & \dots & W_o^{u[r][1]}(z) + \sum_{i=2}^{r-1} W_o^{u[i][1]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) \\ W_o^{u[1][2]}(z) + \sum_{i=2}^r W_o^{u[i][2]}(z) \cdot W_k^{u[t][i]}(z) & \dots & W_o^{u[r][2]}(z) + \sum_{i=2}^{r-1} W_o^{u[i][2]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ W_o^{u[1][r]}(z) + \sum_{i=2}^r W_o^{u[i][r]}(z) \cdot W_k^{u[t][i]}(z) & \dots & W_o^{u[r][r]}(z) + \sum_{i=2}^{r-1} W_o^{u[i][r]}(z) \cdot W_k^{u[r][i]}(z) \end{bmatrix}.$$

Приравнявая к нулю недиагональные элементы перемноженной матрицы, получим:

$$W_o^u \cdot W_k^u + W_o^{uu} = 0,$$

$$W_o^u = \begin{bmatrix} W_o^{u[1]} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & W_o^{u[r]} \end{bmatrix}; W_k^u = \begin{bmatrix} W_k^{u[1]} \\ \vdots \\ W_k^{u[r]} \end{bmatrix}; W_o^{uu} = \begin{bmatrix} W_o^{uu[1]} \\ \vdots \\ W_o^{uu[r]} \end{bmatrix};$$

где $W_o^{u[1]}$ – диагональная матрица, элементы которой определяются вычеркиванием i -ой строки и i -го столбца матрицы W_o^u ; элементы вектора $W_k^{u[1]}$ получаются вычеркиванием из i -го столбца i -ой строки матрицы W_k^u ; элементы вектора $W_o^{uu[1]}$, получаемого из i -го столбца, определяется вычеркиванием i -ой строки матрицы W_o^u .

При выполнении условия невырожденности матрицы W_o^u , уравнение имеет единственное решение:

$$W_k^u = (W_o^u)^{-1} \cdot W_o^{uu}.$$

Тогда передаточная функция динамического компенсатора в матричном виде определяется по формуле:

$$W_k(p) = W_o^{-1}(p) \cdot diag W_o(p).$$

Применяя методы теории одномерных систем, можно найти передаточные функции регулятора по каждому каналу управления с использованием полученной диагональной передаточной матрицы замкнутой системы управления.

На основе полученных уравнений для расчета компенсаторов разработан алгоритм поиска настроечных параметров управляющей части многомерной цифровой системы управления, позволяющий обеспечить высокое быстродействие и точность мно-

гомерной цифровой системы управления и автоматизировать процесс решения задачи синтеза многомерных цифровых систем управления, имеющих различные структуры.

Процесс нахождения оптимальных значений настроечных параметров цифровых регуляторов начинается с расчета переходных процессов замкнутой многомерной системы компьютерного управления.

Расчет переходных процессов замкнутой многосвязной системы цифрового управления осуществляется с учетом как основных, так и перекрестных связей объекта с помощью разностных уравнений в следующем виде:

$$E_1 = Y_1^3 - Y_1, U_1^u = \theta^u \cdot \sigma^u, U_1 = I^u \cdot U_1^u, \theta_1^u = \theta_{01}^u \cdot \sigma_{01}^u, Y_1 = I_{01}^u \cdot Y_1^u,$$

где U_1^u, E_1, Y_1^3 – вектор значений управляющих воздействий, вектор ошибки управления, вектор заданий соответственно;

$$\theta^{[m,l]} = \begin{cases} \left[u_{i-1}^{[m,l]}, \dots, u_{i-n^{u[m,l]}}^{[m,l]}, u_{l-d^{u[m,l]}}^{[m,l]}, \dots, u_{i-k^{u[m,l]}-d^{u[m,l]}}^{[m,m]} \right], m \neq l \\ \left[u_{i-1}^{[m,l]}, \dots, u_{i-n^{u[m,l]}}^{[m,l]}, e_i^{[m]}, \dots, e_{i-k^{u[m,m]}}^{[m,m]} \right], m = l \end{cases} \quad \text{– значения пере-}$$

менных состояния регуляторов, включающие настроечные параметры регуляторов

$$\sigma^{[m,l]} = \left[g_1^{[m,l]}, \dots, g_{n^{u[m,l]}}^{[m,l]}, r_0^{[m,l]}, \dots, r_{k^{u[m,l]}}^{[m,l]} \right]^T; U_1 = \left[u_i^{[1]}, \dots, u_i^{[r]} \right]^T \quad \text{– оптимальные зна-}$$

чения управляющих воздействий; $I = I_{01} = I_0$ – матрицы суммирования; $Y_1^u = Y^u$ –

значения выходов каналов связи; $\theta_{01} = \theta_0$ – матричное представление переменных состояния каналов связи; $\sigma_{01} = \sigma_0$ – параметры каналов моделей связей; $Y_1 = Y$ – вектор выходов объекта управления.

При синтезе системы управления для определения оптимальных управляющих воздействий в качестве критерия качества переходных процессов использовался квадрат управления, значение которого при настройке регуляторов минимизировалось:

$$F = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{L+J} U_j^2(i) \rightarrow \min; (j = \overline{1, M}; i = \overline{1, J}).$$

При поиске оптимальных управляющих воздействий процессом экстракции по критерию быстродействия, необходимо определить минимально возможное число тактов перевода в соответствии с теоремой об N -интервалах по формуле:

$$L = \text{Int} \left\{ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M P_{ij} / M + 0.5 \right\},$$

где P_{ij} – порядок передаточной функции (дифференциального уравнения) j -го входа i -го выхода канала объекта управления; M – количество выходов; N – количество входов.

Требуемое состояние объекта управления определяется условием:

$$Y_i(L + K) = G_i(L + K) - Y_i^*(L + K), i = \overline{1, N}; K = \overline{0, \tilde{N}_i},$$

где $Y_i^*(L + K)$ – прогнозируемое значение i -й выходной переменной; $G_i(L + K)$ – требуемое значение i -й выходной переменной.

В случае нулевых начальных условий эти зависимости будут иметь вид:

$$Y_i(L+K) = \sum_{j=1}^M \sum_{m=1}^L U_j(m) * \omega_{ij}((L+K-m+1)*T), i = \overline{1, N}; K = \overline{0, C_i},$$

где T – период дискретизации управляющего сигнала; C_i – число тактов фиксации i -й выходной переменной; $\omega((L-K)T)$ – значение весовой функции (реакции на импульс длительности T) в $L-K$ -м такте.

На основе динамических моделей процесса с учетом условий оптимальности, используя метод наименьших квадратов получим систему линейных алгебраических уравнений:

$$[\omega_{ij}(L+K-m+1)] * U_j(m) = G_i(L+K) - Y_i^*(L+K).$$

Решив системы линейных уравнений, находим искомые значения управляющих воздействий в виде линейных комбинаций прогнозируемых ошибок:

$$U_j(m) = \sum_{i=1}^N \sum_{K=0}^{C_1} R_{im} (\sum_{s=1}^{i=1} C_s + K) * E_i(L+K),$$

где R_{im} – вектор-строка матрицы $W(p)^{-1}$.

Таким образом, эквивалентная импульсная передаточная функция цифрового регулятора определяется по формуле:

$$D(z) = \frac{U(z)}{e(z)} = \sum_{j=0}^n K_j e(jT) z^{-j} / \sum_{j=0}^n e(jT) z^{-j},$$

где K_j – коэффициент усиления на j -м такте управления.

В работе для определения настроечных оптимальных параметров регуляторов многомерного цифрового управляющего устройства предложен высокоэффективный алгоритм вычисления, учитывая длительность импульсных управляющих воздействий, вырабатываемых микроконтроллером в соответствии с заданным критерием, представляемый векторной оптимизацией.

Выводы

Создана математическая модель, определяющая зависимость поведения лепесткового масличного сырья в квазислоях, в контакте с жидким диоксидом углерода. Выявлена зависимость коэффициента диффузии от продолжительности процесса CO_2 -экстракции. Разработана функциональная схема автоматического управления процессом экстракции. Получены уравнения для расчета компенсаторов и разработан алгоритм поиска настроечных параметров управляющей части многомерной цифровой системы управления, позволяющий обеспечить высокое быстродействие и точность многомерной цифровой системы управления.

Анализ функционирования цифровой системы управления процессом экстракции показал, что созданная система обладает высоким быстродействием, меньшей чувствительностью к погрешностям измерения и меньшей ошибкой регулирования.

Литература

1. Гафуров К.Х. Применение технологии CO_2 -экстракции для растительного сырья Узбекистана / К.Х. Гафуров, Б.Т. Мухаммадиев, Ш.И. Мирзаева // В сборнике: Технологические особенности производства и применения CO_2 -экстрактов из растительного сырья. Сборник материалов международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 45–47.

2. Гафуров К.Х. Аппаратурное оформление процесса экстракции сверхкритической CO₂ / К.Х. Гафуров, Б.Т. Мухаммадиев, Ш.У. Мирзаева; Отв. за вып. А.А. Нестеренко // В сборнике: Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам V Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ. – 2019. – С. 394–399.
3. Гафуров К.Х. Установка для экстракции биологического сырья / К.Х. Гафуров, У.М. Ибрагимов, Б.Б. Муслимов // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – 2019. – № 7(64). – URL : <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/7591>
4. Джураев Х.Ф. Сравнительный анализ влияния давления и температуры на процесс сверхкритической CO₂-экстракции растительного сырья / Х.Ф. Джураев [и др.] // Бутлеровские сообщения. – 2018. – Т. 55. – № 7. – С. 109–113.
5. Занин Д.Е. Разработка адаптивной системы управления процессами извлечения флавоноидов из растительного сырья / Д.Е. Занин, Д.Г. Касьянов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 69–77.
6. Занин Д.Е. Установка для экстракции растительного сырья / Д.Е. Занин, Д.Г. Касьянов, Е.А. Метельская. Патент на изобретение RU № 2701856, Заявка № 2019100143, заявлено 09.01.2019, опубликовано 01.10.2019.
7. Занин Д.Е. Экстрактор для извлечения биологически активных компонентов из растительного сырья / Д.Е. Занин, Д.Г. Касьянов, Е.А. Метельская. Патент на полезную модель RU № 160667, Заявка № 2015135817/05, заявлено 24.08.2015, опубликовано 27.03.2016.
8. Сиддииков И.Х. Имитационное моделирование системы управления динамическим объектом на основе синергетического подхода / И.Х. Сиддииков, Ю.А. Жукова // Автоматизация. Современные технологии. – 2018. – Т. 72. – № 1. – С. 25–27.
9. Сязин И.Е. Автоматизированные системы CO₂-технологий / И.Е. Сязин [и др.]. – Краснодар : Экоинвест, 2021. – 110 с.
10. Файзиев Ш.И. Моделирование и исследование системы управления процессом экстракции растительного сырья сжиженным углекислым газом : автореф. дис. ... д-ра философии (PHD) по техническим наукам. Спец. 05.01.08 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами. – Ташкент, 2020. – 48 с.
11. Шарипов О.О. Разработка человеко-машинного интерфейса для теплового насоса CO₂-экстракционной установки / О.О. Шарипов, К.Х.Гафуров, Ш.И. Файзиев // Современные материалы, техника и технологии. – 2017. – № 1(9). – С. 232–238.
12. Яралиева З.А. Суб и сверхкритическая экстракция компонентов из сырья с использованием электромагнитного поля низкой частоты и ультразвука / З.А. Яралиева, Д.Г. Касьянов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2021. – № 1(66). – С. 23–28.
13. Aleshkevich Y.S. System analysis and safety of the process to obtain CO₂-extracts from plants / Y.S. Aleshkevich [et al.] // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. – 2021.
14. Gafurov K. Fruit seeds, seeds of grape and cucurbitaceous – a prospective source of obtaining biologically active substances. overview. Food Science and Technology / K. Gafurov, B. Muslimov. – 2021. – № 15(1).
15. José M. del Valle. Extraction of natural compounds using supercritical CO₂: Going from the laboratory to the industrial application / José M. del Valle // Journal of Supercritical Fluids. – 2015. – Vol. 96. – P. 180–199.

References

1. Gafurov K.K. Application of CO₂-extraction technology for vegetal raw materials of Uzbekistan / K.Kh. Gafurov, B.T. Muhammadiyev, S.I. Mirzaeva // In the collection: Technological features of production and use of CO₂ extracts from vegetal raw materials. Collection of materials of the international scientific and practical conference. – 2018. – P. 45–47.
2. Gafurov K.Kh. Hardware design of the extraction process of supercritical SO₂ / K.KH. Gafurov, B.T. Muhammadiyev, S.U. Mirzaev; Responsible for the issue A.A. Nesterenko//In the collection: Modern aspects of the production and processing of agricultural products. A collection of articles on the materials of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 15th anniversary of the Department of Technology for the Storage and Processing of Livestock Products of the Kuban State University. – 2019. – P. 394–399.

3. Gafurov K.Kh. Plant for extraction of biological raw materials / K.Kh. Gafurov, U.M. Ibrahymov, B.B. Muslim // *Universum: Technical sciences: electronic scientific journal*. – 2019. – № 7(64). – URL : <http://7universum.com/ru/tech /archive /item/7591>
4. Dzhuraev H.F. Comparative analysis of the effect of pressure and temperature on the process of supercritical CO₂-extraction of plant raw materials / H.F. Dzhuraev [et al.] // *Butler reports*. – 2018. – Vol. 55. – № 7. – P. 109–113.
5. Zanin D.E. Development of an adaptive control system for the extraction of flavonoids from plant raw materials / D.E. Zanin, D.G. Kasyanov // *Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin)*. – 2021. – № 2. – P. 69–77.
6. Zanin D.E. Plant for extraction of plant raw materials / D.E. Zanin, D.G. Kasyanov, E.A. Metelskaya. The patent for the invention of RU № 2701856, Application № 2019100143, it is declared 09.01.2019, published 01.10.2019.
7. Zanin D.E. Extractor for extraction of biologically active components from plant raw materials / D.E. Zanin, D.G. Kasyanov, E.A. Metelskaya. Patent for utility model RU № 160667, Application № 2015135817/05, declared 24.08.2015, published 27.03.2016.
8. Siddikov I.K. Simulation of the dynamic object control system based on a synergistic approach / I.K. Siddikov, Yu.A. Zhukova // *Automation. Co-time technology*. – 2018. – Vol. 72. – № 1. – P. 25–27.
9. Syazin I.E. Automated CO₂-technology systems / I.E. Xiazin [et al.]. – Krasnodar : Ecoinvest, 2021. – 110 p.
10. Fayziev Sh.I. Modeling and research of the system for controlling the process of extraction of plant raw materials with liquefied carbon dioxide : autorec. of the dis. ... Ph.D. (PHD) in technical sciences. special. 05.01.08 – Automation and control of technological processes and production. – Tashkent, 2020. – 48 p.
11. Sharipov O.O. Development of man-machine interface for heat pump of CO₂-extraction plant / O.O. Sharipov, K.H. Gafurov, S.I. Fayziev // *Modern materials, technology and technology*. – 2017. – № 1(9). – P. 232–238.
12. Yaraliyeva Z.A. Sub and supercritical extraction of components from raw materials using low frequency electromagnetic field and ultrasound / Z.A. Yaraliyeva, D.G. Kasyanov // *Technology and commodity science of innovative food products*. – 2021. – № 1(66). – P. 23–28.
13. Aleshkevich Y.S. System analysis and safety of the process to obtain CO₂-extracts from plants / Y.S. Aleshkevich [et al.] // In the collection: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials*. – 2021.
14. Gafurov K. Fruit seeds, seeds of grape and cucurbitaceous – a prospective source of obtaining biologically active substances. overview. *Food Science and Technology* / K. Gafurov, B. Muslimov. – 2021. – № 15(1).
15. José M. del Valle. Extraction of natural compounds using supercritical CO₂: Going from the laboratory to the industrial application / José M. del Valle // *Journal of Supercritical Fluids*. – 2015. – Vol. 96. – P. 180–199.

УДК 656.073

АНАЛИЗ МАРШРУТНОЙ СЕТИ г. КРАСНОДАРА
◆◆◆◆
ANALYSIS OF THE ROUTE NETWORK OF KRASNODAR

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Арешкина А.Е.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Коцурба С.В.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрен анализ маршрутной сети г. Краснодара. Маршрутная сеть – совокупность линий прохождения маршрутов городского пассажирского транспорта на плане какого-либо муниципального образования: города, района, области, пригодных по техническим характеристикам к организации транспортного сообщения и на которых на регулярной основе организуется перевозка пассажиров.

Ключевые слова: транспорт, улично-дорожная сеть, маршрутная сеть, экономика, оценка эффективности организации дорожного движения.

Konovalova T.V.

Kuban State
University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Areshkina A.E.

Kuban State
University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Kotsurba S.V.

Kuban State
University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State
University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Annotation. This article describes the analysis of the route network of Krasnodar. Route network – a set of lines of urban passenger transport routes on the plan of a municipality: a city, district, region, suitable for the organization of transport communication according to technical characteristics and on which passenger transportation is organized on a regular basis.

Keywords: transport, street and road network, route network, economy, assessment of the effectiveness of traffic management.

Маршрутная сеть – совокупность линий прохождения маршрутов городского пассажирского транспорта на плане какого-либо муниципального образования: города, района, области, пригодных по техническим характеристикам к организации транспортного сообщения и на которых на регулярной основе организуется перевозка пассажиров [1–3].

Городская транспортная сеть состоит из маршрутных сетей отдельных видов городского пассажирского транспорта. Соответственно, трамвайная сеть населенного пункта складывается из трамвайных маршрутов, троллейбусная – из троллейбусных, автобусная – из автобусов.

Основные требования, которые предъявляются к городской маршрутной сети, сводятся к обеспечению для пассажиров минимального количества пересадок при одной поездке и наименьших затрат времени на одну поездку в любую часть населенного пункта, а также обеспечение эффективного использования подвижного состава, т.е. равномерного их наполнения на всей длине маршрутной сети.

Маршрутная сеть характеризуется следующими показателями:

1. Маршрутный коэффициент характеризует разветвленность маршрутной системы, демонстрируя примерное количество направлений, в которых пассажир может ехать из каждой точки сети. Он показывает, сколько маршрутов проходит в среднем на каждом участке транспортной сети. Чем выше коэффициент, тем больше удобств представляется пассажирам при выборе маршрута прямого сообщения, что ведет к снижению количества пересадок с одного маршрута на другой. Данный коэффициент определяется по формуле (1):

$$K_m = \frac{\sum L_m}{\sum L_c}, \quad (1)$$

где K_m – маршрутный коэффициент; L_m – сумма длин всех маршрутов (км); L_c – сумма длин всех улиц и проездов, по которым проходят маршруты пассажирского транспорта (км).

Рассчитаем маршрутный коэффициент для троллейбусов г. Краснодара по формуле (1):

$$K_m = \frac{153,85}{129,926} = 1,184.$$

По значению данного коэффициента можно сделать вывод, что маршрутная сеть троллейбусов в Краснодаре является слаборазвитой.

2. Плотность транспортной сети – протяженность транспортной сети, приходящаяся на единицу площади города. Плотность сети характеризует насыщенность территории города линиями городского транспорта. Данный показатель (км/км²) определяется по формуле (2):

$$\delta = \frac{\sum L_c}{F}, \quad (2)$$

где δ – плотность транспортной сети (км/км²); F – площадь населенного пункта, (км²).

Чем выше плотность сети, тем меньше затраты времени пассажиров на подход к остановочным пунктам. В центральной части населенного пункта плотность транспортной сети достаточна высока, но по мере удаленности к окраинам она снижается, т.е. является неоднородной [4–6].

По действующим нормам средняя плотность транспортных сетей в городах принимается в пределах 1,5–2,5 км/км².

Рассчитаем плотность транспортной сети для троллейбусов г. Краснодара по формуле (2):

$$\delta = \frac{129,926}{339} = 0,383 \text{ км/км}^2.$$

По значению плотности транспортной сети можно сделать вывод, что она является очень низкой.

3. Средняя длина маршрутов влияет на эксплуатационную скорость ПС, использование вместимости ПС, режим работы водителей по сменности и эксплуатационные расходы. Данный показатель (км) определяется по формуле (3):

$$l_{cp} = \frac{\sum L_m}{n}, \quad (3)$$

где l_{cp} – средняя длина маршрутов (км); n – количество маршрутов (ед.).

Рассчитаем среднюю длину маршрутов для троллейбусов г. Краснодара по формуле (3):

$$l_{cp} = \frac{153,85}{12} = 12,82 \text{ км.}$$

4. Коэффициент непрямолинейности маршрутной сети характеризует среднюю непрямолинейность сети маршрутов. Увеличение данного коэффициента приводит к повышению дальности передвижения, затрат времени пассажиров и перепробегам ПС, что ведет к увеличению затрат и себестоимости перевозок. Данный коэффициент определяется по формуле (4):

$$K_n = \frac{\sum L_m}{\sum L_B}, \quad (4)$$

где K_n – коэффициент непрямолинейности; L_B – сумма расстояний между конечными пунктами маршрута по воздушной линии (км).

Рассчитаем коэффициент непрямолинейности для троллейбусов г. Краснодара по формуле (4):

$$K_n = \frac{153,85}{104,16} = 1,48.$$

По значению данного коэффициента можно сделать вывод, что непрямолинейность маршрутной сети троллейбусов г. Краснодара является исключительно высокой, что негативно отражается на работе троллейбусного парка [7–9].

Маршрутную сеть Краснодара обслуживают следующие виды городского пассажирского транспорта:

- 1) троллейбусы: 12 маршрутов;
- 2) трамваи: 16 маршрутов;
- 3) муниципальные автобусы: 10 маршрутов;
- 4) частные автобусы средней и малой вместимости: 46 маршрутов.

Городской электротранспорт осуществляет около 70 % всех городских пассажирских перевозок, ежедневный пассажиропоток которого составляет около 400 тыс. человек [10–12].

Схемы маршрутов трамваев и троллейбусов, муниципальных автобусных маршрутов показаны на рисунках 1 и 2 соответственно.

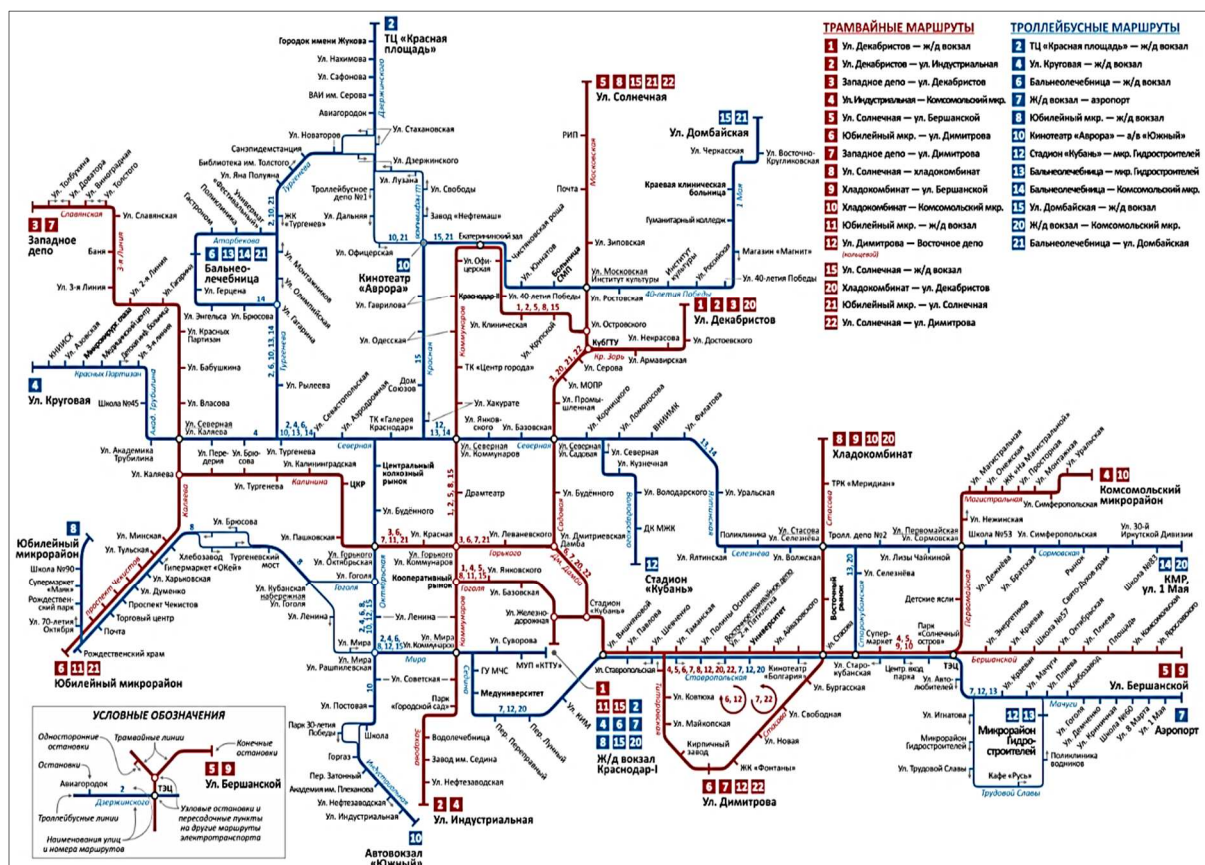


Рисунок 1 – Схема маршрутов трамваев и троллейбусов

Электротранспорт охватывает все «старые» и частично современные микрорайоны города. Преимущественно данным видом транспорта пользуются для передвижения в Центральной части города и близлежащим к нему районами.

Трамвайные линии проложены в следующих микрорайонах и частях города: Юбилейный, Славянский, Пашковский, Комсомольский, Центральный, Дубинка, Черемушки, Табачная фабрика, Московский, ХБК, КСК, РИП, ЗИП.

Троллейбусные линии охватывают Юбилейный, Славянский, Пашковский, Комсомольский, Фестивальный, Гидростроителей, Пашковский, Центральный микрорайоны, Авиагородок, Энка, Черемушки, КСК, ККБ.

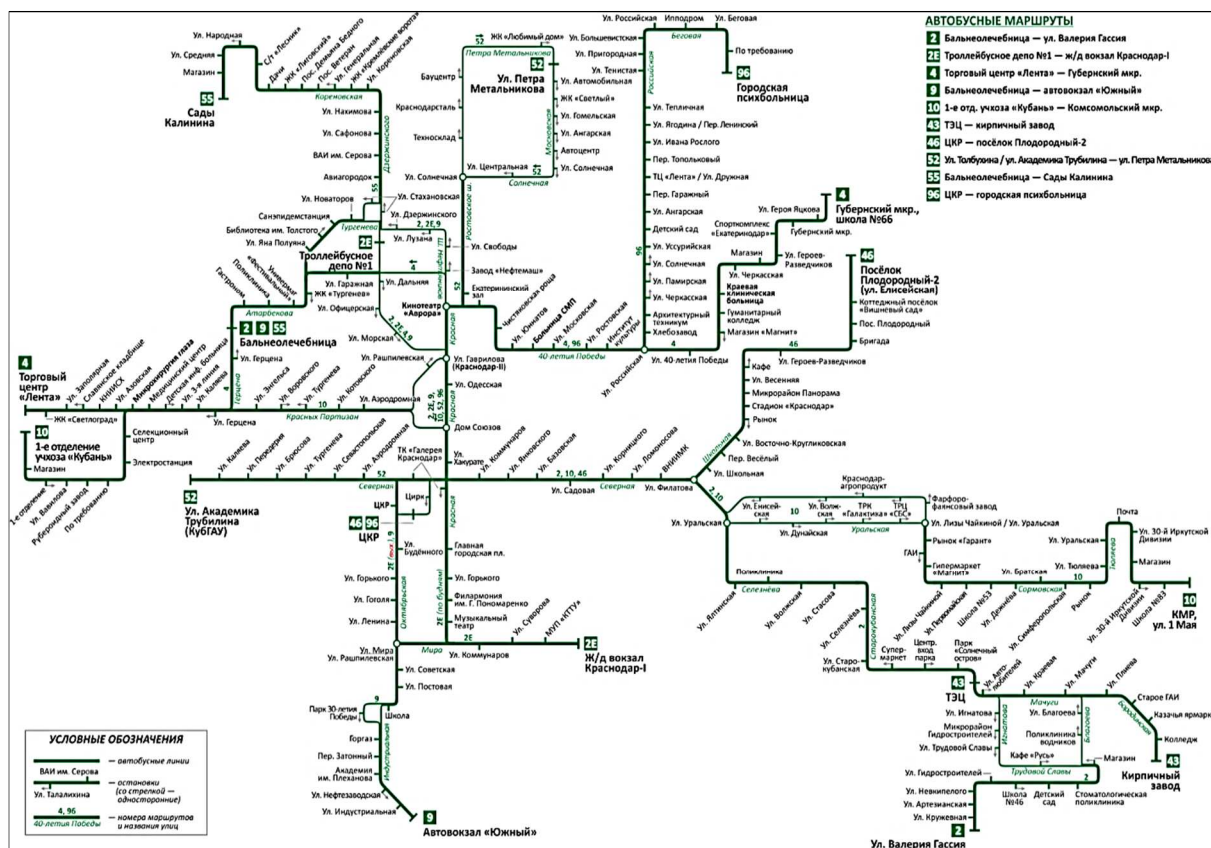


Рисунок 2 – Схема муниципальных автобусных маршрутов

Муниципальные автобусы охватывает все части города. Преимущественно данным видом транспорта пользуются для передвижения между Центральной частью города и отдаленными районами.

Литература

1. Коновалова Т.В. Методические основы оценки эффективности системы управления безопасностью движения на автотранспортных предприятиях / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян. – Краснодар, 2015.
2. Коновалова Т.В. Особенности финансово-экономического анализа деятельности автотранспортных предприятий / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, С.В. Ненастин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 3(43). – С. 137–141.
3. Коновалова Т.В. Методика выбора системы транспортного обслуживания производственных предприятий / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, А.О. Недашковская // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2015. – № 11-2. – С. 38–40.
4. Коновалова Т.В. Особенности информационного обеспечения деятельности автотранспортных предприятий по повышению безопасности движения / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, И.С. Сенин // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2015. – № 2. – С. 96–103.
5. Кузьмина М.А. Развитие терминальной системы при международных перевозках / М.А. Кузьмина, С.Л. Надирян, А.И. Парневая // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2015. – № 4. – С. 11–14.
6. Коновалова Т.В. Методика оценки эффективности обеспечения безопасности движения на предприятиях автомобильного транспорта / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, А.В. Запривода // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. – 2013. – Т. 6. – № 10(113). – С. 69–71.
7. Коновалова Т.В. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.

8. Коновалова Т.В. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5(51). – С. 165–171.
9. Коновалова Т.В. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.П. Миронова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
10. Коновалова Т.В. 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.
11. Коновалова Т.В. Оценка проектных решений на транспорте / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
12. Коновалова Т.В. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.]; Отв. за выпуск Е.Е. Витвицкий // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ». – 2015. – С. 74–77.

References

1. Konovalova T.V. Methodological bases for evaluating the effectiveness of the traffic safety management system at motor transport enterprises / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan. – Krasnodar, 2015.
2. Konovalova T.V. Features of financial and economic analysis of the activities of motor transport enterprises. Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, S.V. Nenastin. – 2015. – № 3(43). – P. 137–141.
3. Konovalova T.V. Method of choosing a transport service system for industrial enterprises. Humanities, socio-economic and social sciences / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, A.O. Nedashkovskaya. – 2015. – № 11-2. – P. 38–40.
4. Konovalova T.V. Features of information support for the activities of motor transport enterprises to improve traffic safety / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, I.S. Senin // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2015. – № 2. – P. 96–103.
5. Kuzmina M.A. Development of the terminal system in international transportation / M.A. Kuzmina, S.L. Nadiryan, A.I. Parneva // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2015. – № 4. – P. 11–14.
6. Konovalova T.V. Methodology for evaluating the effectiveness of traffic safety at road transport enterprises / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, A.V. Zaprivoda // Proceedings of the Volgograd State Technical University. Series: Ground transport systems. – 2013. – Vol. 6. – № 10(113). – P. 69–71.
7. Konovalova T.V. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
8. Konovalova T.V. 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.
9. Konovalova T.V. Improvement of methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, M.P. Mironova // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
10. Konovalova T.V. 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.
11. Konovalova T.V. Evaluation of design solutions in transport / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
12. Konovalova T.V. Research of the market of transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.]; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky // In the collection: International scientific and practical conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of the SibADI FSBEI HPE). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». FSBEI HPE «SibADI», Department «OPiUT». – 2015. – P. 74–77.

УДК 656.073

**АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА
ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРОДОВ**



**ANALYSIS OF THE WORLD EXPERIENCE
OF URBAN TRANSPORT PLANNING**

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Арешкина А.Е.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Коцурба С.В.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрен анализ мирового опыта транспортного планирования городов, для анализа рассмотрим состояние транспортного планирования городов развитых и развивающихся стран.

Ключевые слова: транспорт, улично-дорожная сеть, транспортное планирование, экономика, оценка эффективности организации дорожного движения.

Konvalova T.V.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Areshkina A.E.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Kotsurba S.V.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Annotation. In this article, the analysis of the world experience of transport planning of cities is considered, for the analysis we will consider the state of transport planning of cities in developed and developing countries.

Keywords: transport, road network, transport planning, economy, assessment of the effectiveness of traffic management.

Для анализа рассмотрим состояние транспортного планирования городов развитых и развивающихся стран.

Столица Великобритании – Лондон. Этот город можно назвать флагманом среди столиц планеты по совершенству организации транспортной системы. Особая транспортная «изюминка» столицы Великобритании – возможность добраться до любого уголка города общественным транспортом.

Протяженность транспортных путей столицы – более 13 тысяч километров. Городской транспорт, включает в себя старейший в мире метрополитен, протянувшийся на 330 км, автобусы среди которых есть прославленные на всю планету – двухэтажный автобус, трамваи, легкую ж/д, а также знаменитые такси, в том числе кэбы [1–3].

Весьма популярный вид транспорта в Лондоне – знаменитый двухэтажный красный автобус стал одним из символов города. Также по городу курсируют экспресс-автобусы (зеленые) и микроавтобусы. Интервал движения – до 5 минут. Стоимость проезда определяется длительностью поездки – в Лондоне существует 6 транспортных зон, расположенных в виде концентрических кругов от центра к окраинам. Транспортные зоны изображены на рисунке 1.

Оплачивается проезд кондуктору или водителю, либо с помощью проездного билета.

Стоимость проезда такова:

- разовый – £1;
- весь день, включая метро – £7.20;

- неделя + метро – £29;
- неделя только автобус – £18.80.

С 23.00 начинают ходить ночные маршруты, но останавливаются они лишь по требованию.

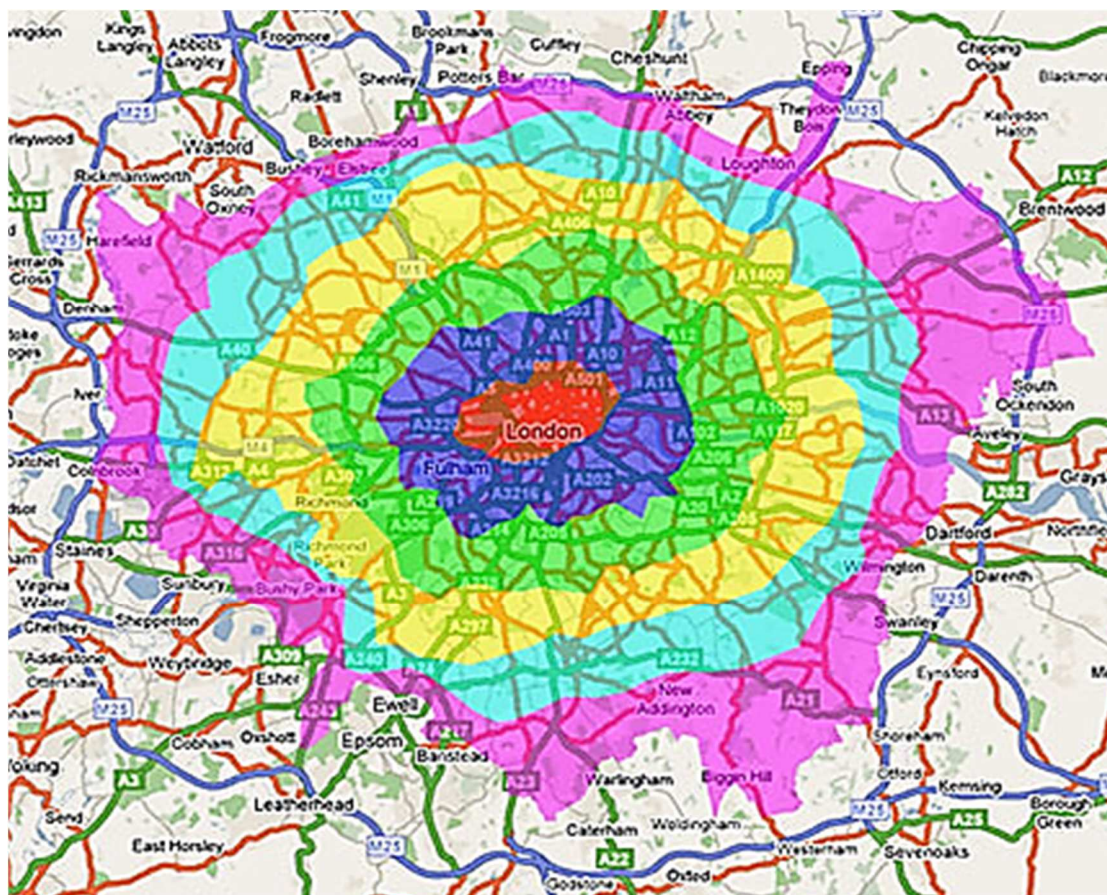


Рисунок 1 – Транспортные зоны Лондона

Легкое метро. 31-километровый железнодорожный маршрут «Docklands Light Railway», открытый в 1987 году – весьма необычен, поскольку представляет собой состав из нескольких вагонов (рассчитанных на перевозку 250 пас.), которые движутся без участия водителя – с помощью компьютера. Линия на сегодня состоит из 30 станций, которые соединяют центр Лондона, окраины со станциями метро и железной дороги. Все чаще DLR считают частью метрополитена столицы, поэтому и билеты у них общие, и цена за проезд одинакова [4–6].

Одним из узнаваемых и распространенным видом транспорта – является такси, а именно лондонский Черный Кэб. Данные автомобили очень надежные и вместительные, рассчитанные на 5 пассажиров плюс багаж. В каждой машине предусмотрена возможность безопасного провоза маленьких детей, созданы специальные условия для поездок туристов с ограниченными возможностями в инвалидном кресле.

Стоимость проезда в лондонском такси довольно высокая, определяется по счетчику. Ориентируйтесь на такие расценки: посадка – £1.8, каждый километр – £0.72. Кроме того, водитель будет ожидать и чаевые, которые в Англии принято давать в размере 10 %. Понять, свободна ли машина довольно просто – горящий желтый огонек, значит, можно тормозить.

А для населения, которые используют личный автомобиль имеются правила и строгие ограничения:

- движение в стране левостороннее;
- обгонять разрешается справа;
- пристегивание ремней для всех – обязательно;

- ограничения по скорости – 48 км/ч, автострады – 113 км/ч, двухсторонние дороги – 97 км/ч;
- схема движения между улицами весьма запутанная;
- в промежутке 23.00 – 7.00 сигналить запрещается;
- в часы пик въезд в центр платный – £5;
- парковка проблематична (только в специальных местах), иначе штраф – £100;
- «красные дороги» не только ограничены для парковки, на них даже нельзя посадить пассажира;
- строгое отношение и огромные штрафы по отношению к водителям, управляющим машиной пьяными (норма алкоголя – менее 0,5 промилле);
- говорить по телефону во время вождения нельзя;
- штраф за курение в машине также – £30.

Следующая страна, на которую необходимо обратить внимание – Япония. Столица этого развитого государства – город Токио, с населением 15 млн человек.

За двадцать лет японцам удалось сделать невозможное – превратить парализованный пробками город в один из самых благополучных в плане организации дорожного движения. Скоростные трассы пронизывают столицу в разных направлениях и на разных уровнях, и можно из одного удаленного района попасть в любой другой, минуя центр – без пробок.

Свободных площадей в Токио давно нет, поэтому кое-где трассы расположены в пяти уровнях, верхний из которых находится на высоте десятого этажа.

Что очень важно, скоростные трассы не заменяют и не отменяют обычных улиц, где идет нормальная городская жизнь. А хайвеи, они для скоростного передвижения на большие расстояния, причем, чтобы быстро попасть на противоположный конец мегаполиса, можно выбрать одно из восьми бесплатных или четырех платных скоростных колец [7–9].

Будний день, около 11 часов утра, карта Токио почти вся благополучно зеленеет, немного желтого, но есть и тревожные красные отрезки. В это время из 28 тыс. км городских дорог пробки наблюдались только на 130 км. В городе затором на скоростной трассе считается движение со скоростью менее 60 км/ч, на обычной дороге – менее 40 км/ч, а если скорость падает до 20 км/ч и ниже – катастрофа! Для сравнения: средняя скорость в Москве – 24 км/ч. Ежеминутно в Центр управления движением поступает информация с 18 тыс. инфракрасных датчиков, которые развешаны вдоль всех дорог. Кроме того, 184 монитора в центре отображают информацию с 2,5 тыс. видеокамер, размещенных по всему городу. При этом в центре за ситуацией в городе следят лишь четыре офицера. Они отвечают за то, чтобы город находился в движении.

Большинство японцев предварительно подсчитают, во что обойдется поездка на личном авто, и сравнит со стоимостью билета на поезд. Молодые японцы все чаще отказываются от автомобиля: дорого его содержать. И права получить непросто. Обучение в автошколе обойдется почти в 300 тыс. иен (120 тыс. руб.), а сдать экзамен строгой комиссии нелегко. Куда проще ездить на метро или автобусом.

Во многих странах мира строительство новых домов невозможно без возведения где-нибудь поблизости многоуровневого паркинга для автомобилей. Более того, эти сооружения порою бывают даже намного интереснее, чем окружающая их жилая и офисная застройка.

Автостаdt – башня-паркинг в технопарке компании Фольцваген, в немецком городе Вольфсбург. Он представляет собой целый город с офисными, музейными и производственными пространствами. А самыми известными его объектами являются две бывших силосных башни, в которых сейчас оборудован многоуровневый паркинг.

Каждая из этих башен имеет 48 метров в высоту. Это 16 функциональных этажей, на которых может храниться одновременно 400 только что произведенных на заводе компании Фольцваген автомобилей. Современный мир невозможно представить без велосипеда. Этот вид транспорта получил большую любовь в Европе, особенно в Нидерландах.

Амстердам – это велосипедная столица мира. Автомобилям в этом голландском

городе с каждым годом становится все меньше места, зато велосипедисты чувствуют себя все более комфортно и уверено.

До определенного времени велодвижение в Нидерландах было довольно хаотическим, но в 50–60-х годах прошлого века правительству Нидерландов стало понятно, что велосипедный транспорт необходимо сделать приоритетным. К счастью, в этот же период в стране началась реновация, и планировка новых районов и автодорог стала производиться только с учетом требований велосипедистов.

Практически все автомагистрали Нидерландов дублированы велодорожками и пересечения с автодорогами регулируются светофором.

Кроме того, существует сеть велодорог не привязанных к автодорогам. Эти дороги пронумерованы, на их перекрестках стоят специальные стенды. На них указан номер текущего чекпункта и пути следования. Синяя сетка – это сетка велодорожек.

В городах почти все улицы с мало-мальски активным движением оборудованы велодорожками. А если улица слишком уж маловажная – то на ней просто отчерчивают велодорожку [10–12].

Большая часть перекрестков – круговые развязки, на которых приоритет имеют велосипедисты. При этом все свои маневры байкеры сопровождают жестами, даже на пустых улицах.

Часть улиц только пешеходно-велосипедная. Обычно такие улицы с обеих сторон дублируются автомобильными, так что в таких районах количество велоулиц около 1/3 от общего числа.

В качестве доказательства тому, что Амстердам самая велосипедная страна, можно привести тот факт, что рядом с главным железнодорожным вокзалом Амстердама, станцией Амстердам Централ, находится не автомобильный, а именно велосипедный многоуровневый паркинг – так называемая квартира велосипедов.

На трех этажах этого сооружения может одновременно находиться две с половиной тысячи двухколесных средств передвижения.

Благодаря природным и географическим факторам, а также достаточно адекватному руководству Нидерланды смогли развить хорошую инфраструктуру и создать необходимую велоатмосферу.

Литература

1. Коновалова Т.В. Методические основы оценки эффективности системы управления безопасностью движения на автотранспортных предприятиях / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян. Краснодар, 2015.
2. Коновалова Т.В. Особенности финансово-экономического анализа деятельности автотранспортных предприятий / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, С.В. Ненастин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 3(43). – С. 137–141.
3. Коновалова Т.В. Методика выбора системы транспортного обслуживания производственных предприятий / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, А.О. Недашковская // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2015. – № 11-2. – С. 38–40.
4. Коновалова Т.В. Особенности информационного обеспечения деятельности автотранспортных предприятий по повышению безопасности движения / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, И.С. Сенин // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2015. – № 2. – С. 96–103.
5. Кузьмина М.А. Развитие терминальной системы при международных перевозках / М.А. Кузьмина, С.Л. Надирян, А.И. Парневая // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2015. – № 4. – С. 11–14.
6. Коновалова Т.В. Методика оценки эффективности обеспечения безопасности движения на предприятиях автомобильного транспорта / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, А.В. Запривода // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Наземные транспортные системы. – 2013. – Т. 6. – № 10(113). – С. 69–71.
7. Коновалова Т.В. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
8. Коновалова Т.В. Влияние экономических показателей региона на работу автомобильных перевозок / Т.В. Коновалова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 5(51). – С. 165–171.

9. Коновалова Т.В. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.П. Миронова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
10. Коновалова Т.В. 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.
11. Коновалова Т.В. Оценка проектных решений на транспорте / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
12. Коновалова Т.В. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.]; Отв. за выпуск Е.Е. Витвицкий // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ». – 2015. – С. 74–77.

References

1. Konovalova T.V. Methodological bases for evaluating the effectiveness of the traffic safety management system at motor transport enterprises / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan. – Krasnodar, 2015.
2. Konovalova T.V. Features of financial and economic analysis of the activities of motor transport enterprises. Bulletin of the Siberian State Automobile and Road Academy / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, S.V. Nenastin. – 2015. – № 3(43). – P. 137–141.
3. Konovalova T.V. Method of choosing a transport service system for industrial enterprises. Humanities, socio-economic and social sciences / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, A.O. Nedashkovskaya. – 2015. – № 11-2. – P. 38–40.
4. Konovalova T.V. Features of information support for the activities of motor transport enterprises to improve traffic safety / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, I.S. Senin // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2015. – № 2. – P. 96–103.
5. Kuzmina M.A. Development of the terminal system in international transportation / M.A. Kuzmina, S.L. Nadiryan, A.I. Parneva // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2015. – № 4. – P. 11–14.
6. Konovalova T.V. Methodology for evaluating the effectiveness of traffic safety at road transport enterprises / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, A.V. Zaprivoda // Proceedings of the Volgograd State Technical University. Series: Ground transport systems. – 2013. – Vol. 6. – № 10(113). – P. 69–71.
7. Konovalova T.V. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
8. Konovalova T.V. 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.
9. Konovalova T.V. Improvement of methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryan, M.P. Mironova // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
10. Konovalova T.V. 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.
11. Konovalova T.V. Evaluation of design solutions in transport / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
12. Konovalova T.V. Research of the market of transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.]; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky // In the collection: International scientific and practical conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of the SibADI FSBEI HPE). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». FSBEI HPE «SibADI», Department «OPIUT». – 2015. – P. 74–77.

УДК 656.073

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В РОССИИ**



**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NEW TECHNOLOGIES
OF MULTIMODAL TRANSPORTATION IN RUSSIA**

Кузьмина М.А.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Мурая В.А.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены перспективы развития новых технологий мультимодальных перевозок в России. Мультимодальная перевозка грузов – это такой способ доставки, при котором в рамках одного транспортного договора задействованы два или более вида транспорта. При таком способе доставки перевозчик несет полную ответственность за груз на каждом этапе следования. Мультимодальные перевозки наиболее популярны при перевозке грузов на большие расстояния, а также при отсутствии прямой связи между пунктами отправления и прибытия.

Ключевые слова: транспорт, мультимодальная перевозка, груз, логистика, экономика.

Kuzmina M.A.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Muraya V.A.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Annotation. This article discusses the prospects for the development of new technologies of multimodal transportation in Russia. Multimodal cargo transportation is a delivery method in which two or more modes of transport are involved within the framework of one transport contract. With this method of delivery, the carrier is fully responsible for the cargo at each stage of the route. Multimodal transportation is most popular when transporting goods over long distances, as well as when there is no direct connection between the points of departure and arrival.

Keywords: transport, multimodal transportation, cargo, logistics, economy.

Мультимодальная перевозка грузов – это такой способ доставки, при котором в рамках одного транспортного договора задействованы два или более вида транспорта. При таком способе доставки перевозчик несет полную ответственность за груз на каждом этапе следования. Мультимодальные перевозки наиболее популярны при перевозке грузов на большие расстояния, а также при отсутствии прямой связи между пунктами отправления и прибытия [1–2].

Выбор схемы международных мультимодальных грузоперевозок зависит от поставленной клиентом задачи. Если для заказчика важна скорость доставки груза, то в большинстве случаев груз перевозится воздушным транспортом, несмотря на то, что такая перевозка обходится дороже. В других случаях можно выбрать более дешевый вариант.

В Российской Федерации, как и в других развитых странах, транспорт является крупнейшим сектором экономики, который также является важной частью производственной и социальной инфраструктуры.

Транспортные связи связывают страну с мировым сообществом и являются материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей России и ее интеграции в мировую экономическую систему. Россия, благодаря своему выгодному географическому положению, получает значительные доходы от экспорта транспортных услуг, а также от осуществления транзитных перевозок через свои коммуникации.

Что касается мультимодальных перевозок, то в последние годы транспортные технологии в основном были связаны с использованием грузовых терминалов и терминальных комплексов в логистических цепочках и каналах. Таким образом, по этой причине эти перевозки называются «терминальными».

Важнейшей предпосылкой функционирования мультимодальной системы является наличие информационной системы, благодаря которой весь процесс доставки груза планируется, управляется и контролируется, с помощью предварительного, сопровождающего и окончательного процесса доставки. Наиболее важное значение имеет информационно-компьютерное обеспечение процесса мультимодальных перевозок. Для транспорта важнейшую роль играют международные телекоммуникационные сети, как некоммерческие (Internet), так и коммерческие (CompuServe, America Online, Relcom), системы спутниковой связи и навигации для транспортных средств (Inmarsat-C, GPS и др.).

В настоящее время в мировой практике широко практикуются различные системы электронного обмена данными, степень использования которых позволяет узнать уровень конкурентоспособности различных логистических транспортных систем на мировом рынке транспортных услуг. Следовательно, для функционирования мультимодальной транспортной системы важен принцип внедрения новых форм взаимодействия, так как эффективность такой системы существенно зависит от ее организации. Несомненно, оператор международной мультимодальной доставки грузов является гарантом и организатором взаимодействия всех звеньев транспортной цепи в системе [3–4].

Как известно, наличие оператора определяет ряд отличительных особенностей, которые связаны с коммерческими и правовыми аспектами функционирования мультимодальной транспортной системы:

- единый транспортный документ международного стандарта;
- доставка «от двери до двери» или до других границ, предусмотренных единым транспортным документом;
- единая ответственность за исполнение договора и сохранность груза;
- единая сквозная ставка фрахта.

Уровень развития транспортной инфраструктуры, включает в себя два основных элемента: терминалы и транспортные маршруты, определяет возможность использования передовых технологий мультимодального транспортного процесса. Надо полагать, наибольшее внимание при мультимодальных отдельных перевозках уделяется развитию транспортной инфраструктуры.

Эффективность управления мультимодальными системами во многом зависит от эффективности информационного обеспечения системы.

В настоящее время темпы развития информационной сферы очень высоки, благодаря использованию современных методов и технологий. Эффективность функционирования мультимодальной системы зависит от эффективности управления технологическими, организационными и другими процессами. Исходя из этого, обеспечение непрерывности контролируемых процессов в узловых точках, в которых осуществляется прохождение грузов между сетями различных транспортных агентов, а также где осуществляется прохождение информации между различными сетями, является наиболее важным.

Эффективность информационного обеспечения процессов в персональном компьютере была связана с использованием информационно-поисковых систем (ИПС). Однако в ходе операции была выявлена их недостаточная эффективность. Это связано с тем, что функции информационных поисковых систем ограничены, так как суть деятельности в рыночных условиях заключается в выборе и принятии решений с учетом интересов всех участников предложения. Действительно, ИПС только информирует потребителя о наличии или отсутствии документов, имеющих отношение к его запросу, и о том, где эти документы можно найти, и не информирует потребителя о предмете запроса в том смысле, что это каким-то образом меняет его знания об этом предмете.

Как правило, современные информационные технологии, такие как системы поддержки принятия решений, экспертные системы и другие, позволяют эффективно анализировать технико-экономические проекты, моделировать процессы, готовить и представлять результаты для последующего принятия решений. Благодаря использованию современных информационных технологий становится возможным повышение эффективности доставки грузов за счет возможности быстрого доступа к информации о субъектах (покупателе, перевозчике, терминале) и объектах (товарах, услугах) доставки.

Эта информация необходима для правильного обращения с продуктом и контроля его работоспособности. Информация, полученная на основе анализа и представленная в удобном для понимания варианте, может быть использована для того, чтобы сделать какие-либо выводы. Такая информация содержится в отчетах, полученных из системы управленческой информации общества, в том виде, который ранее был разработан руководством общества. Таким образом, основываясь на отчетах, можно сделать определенные выводы, а затем принять правильные решения. Поэтому абсолютно необходимо, чтобы с отчетами было легко работать. Руководство компании нуждается в качественной информации, поступающей из информационной системы [5–6].

С развитием экономической деятельности возрастает роль каналов сбыта и возникает необходимость совершенствования методов транспортировки и переработки товаров. Отправитель и получатель получают информацию о местоположении и суть проблемы с помощью:

- Спутниковая связь.
- Сотовые и беспроводные системы передачи данных.
- Автоматическая система распознавания.
- Электронная система обмена информацией и Интернет.

Благодаря спутниковой связи можно быстро получать информацию в режиме реального времени, через глобальную геоинформационную систему, которая обеспечивается спутниками, передающими информацию о грузах и транспортных средствах. В настоящее время такая система уже стала привычной на борту корабля, с ее помощью информация передается через спутники, через нее они связываются с землей, и можно передавать как звук, так и изображения частей корабля. Система нашла свое применение и на других видах транспорта. В последние годы в результате многочисленных случаев пиратства и кражи грузов, которые могут быть опасны или чреваты крупным ущербом, система спутниковой связи была дополнена системами непрерывного слежения. Другими словами, с наблюдаемого судна поступает непрерывная аудио- и видеоинформация.

Системы распознавания объектов с использованием радиочастот. Оборудование этой системы очень компактно и позволяет считывать штрих-код и общаться с центральным компьютером с помощью радиопередатчика. Эта технология успешно применяется в терминалах и складах, так как ее легко комбинировать с другим оборудованием.

Вслед за системой распознавания объектов с использованием радиочастот появилась новая система сотовой и беспроводной передачи данных. Это относится только к перемещаемому грузу. Его главное преимущество-автоматизация.

Электронная информационная система позволяет обеспечить полное решение поставленной задачи. Связь через Интернет позволяет обмениваться стандартной документацией в электронном виде, а протоколы позволяют сразу вводить данные в системы. Отслеживание грузов или транспортных средств и распространение соответствующей информации, отчеты о местоположении и времени позволяют установить оптимальные условия транспортировки и обработки грузов и определить оптимальные транспортные маршруты.

С помощью Интернета и электронной системы обмена коммерческими документами клиенты могут круглосуточно искать и отслеживать ход выполнения своих заказов. Все данные о клиентах и их заказах, а также данные о грузоперевозках (транспортные средства, графики движения, местонахождение транспортных средств в любое время) фиксируются технологическим оборудованием и средствами связи базы данных, в которой может храниться вся введенная в них информация.

Таким образом, клиенты могут в интерактивном режиме отслеживать доставку товаров и движение товаров по маршрутам к потребителям. Все эти услуги, ставшие возможными благодаря повышению качества обслуживания, являются дополнительными, и клиенты готовы за них платить.

Современные информационные технологии и телекоммуникации связывают транспортные средства с потребителями.

Очевидно, что использование Интернета создает серьезное конкурентное преимущество для компании, если клиент не может найти в компьютерной сети те же полезные операционные услуги, которые предоставляют другие компании.

Таким образом, компания приобретает новых клиентов, которые остаются лояльными к компании, так как последняя обеспечивает высокий уровень сервиса, а значит, ее грузооборот и рентабельность увеличиваются.

Благодаря тому, что в основном все компании знакомы с Интернетом, они могут дополнить перечень предоставляемых ими услуг без каких-либо дополнительных затрат.

Клиент может с большой легкостью получить информацию об исполнении своего заказа, посетив веб-страницу компании и заполнив электронную форму запроса, указав свои данные и номер заказа.

Клиент может легко получить информацию по электронной почте, узнать об исполнении заказа только в том случае, если он знает номер заказа. Это означает, что вы можете получить точную информацию об отправке и отправить подробную информацию по электронной почте на адрес электронной почты клиента.

SMS-сообщения. Эти сообщения представляют собой письменные отчеты, которые отправляются на мобильные телефоны клиентов и содержат основную информацию об исполнении заказа. Единственное, что нужно сделать клиенту, – это отправить номер заказа в письменном виде на определенный номер телефона, и через несколько секунд он получит информацию на свой мобильный телефон. Стоимость сообщения такая же, как и для локальных SMS-сообщений.

Мониторинг и контроль за перевозкой грузов морским транспортом постоянно развивается с использованием современных технических средств, таких как спутники. Это привело к созданию системы ИНМАРСАТ, членами которой стали несколько стран. Эти страны сотрудничают, обеспечивая глобальную двустороннюю связь с кораблями, наземными транспортными средствами и самолетами.

Безусловно, технологии мультимодальных перевозок не стоят на месте и постоянно развиваются. С появлением новых технологий возрастает вероятность разработки технологий, способных упростить мультимодальные перевозки.

Таким образом, можно сделать вывод, что важнейшим направлением повышения экономической эффективности мультимодальных транспортных систем является разработка новых технологий мультимодальных перевозок.

Литература

1. Коновалова Т.В. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
2. Коновалова Т.В. 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.
3. Коновалова Т.В. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.П. Миронова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.
4. Коновалова Т.В. 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.

5. Коновалова Т.В. Оценка проектных решений на транспорте / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
6. Коновалова Т.В. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.]; Отв. за выпуск Е.Е. Витвицкий // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ». – 2015. – С. 74–77.

References

1. Konovalova T.V. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
2. Konovalova T.V. 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.
3. Konovalova T.V. Improvement of methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems / T.V.Konovalova, S.L. Nadiryan, M.P. Mironova // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
4. Konovalova T.V. 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.
5. Konovalova T.V. Evaluation of design solutions in transport / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
6. Konovalova T.V. Research of the market of transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.]; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky // In the collection: International scientific and practical conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of the «SibADI» FSBEI HPE). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». FSBEI HPE «SibADI», Department «OPiUT». – 2015. – P. 74–77.

УДК 656.073

**ПРОБЛЕМЫ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРЕВОЗКИ
ОПАСНЫХ ГРУЗОВ В РОССИИ**



**PROBLEMS AND IMPROVEMENTS IN THE TRANSPORTATION
OF DANGEROUS GOODS IN RUSSIA**

Кузьмина М.А.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Панков М.В.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Надирян С.Л.

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы проблем и совершенствования перевозки опасных грузов в России. По дорогам России ежедневно перевозят опасные грузы, которые являются потенциальной угрозой для окружающей среды. К такому роду перевозок необходимо относиться с большой ответственностью и не допускать чрезвычайных ситуации, которые наносят колоссальный вред нашей экологической системе.

Ключевые слова: транспорт, опасные грузы, груз, логистика, экономика, экология.

Kuzmina M.A.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Pankov M.V.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Nadiryan S.L.

Kuban State University of Technology
sofi008008@yandex.ru

Annotation. This article discusses the issues of problems and improvement of the transportation of dangerous goods in Russia. Dangerous goods are transported daily on the roads of Russia, which are a potential threat to the environment. It is necessary to treat this kind of transportation with great responsibility and not to allow emergency situations that cause enormous harm to our ecological system.

Keywords: transport, dangerous goods, cargo, logistics, economy, ecology.

По дорогам России ежедневно перевозят опасные грузы, которые являются потенциальной угрозой для окружающей среды. К такому роду перевозок необходимо относиться с большой ответственностью и не допускать чрезвычайных ситуаций, которые наносят колоссальный вред нашей экологической системе. Примерно 800 млн т опасного груза перевозится по территории России ежегодно. Из них около 65 % перевозится на автомобильном транспорте. Значит для перевозки опасного груза используется свыше 200 тысяч автомобильного транспорта, предназначенного для такого рода перевозок. Год за годом эти показатели увеличиваются.

Россия является самой большой по территории страной. В связи с этим существует отличительная особенность распределения мест добычи или производства и мест потребления опасных грузов [1–3].

На территории Российской Федерации находится большое количество предприятий, которые нуждаются в ежедневных поставках вредных химических веществ, чтобы избежать остановки производства или деятельности в целом. К этим предприятиям относятся черная и цветная металлургия, машиностроительная и оборонная промышленность, медицинская промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность, строительные компании, заправочные станции, аэропорты и многие другие.

К такому роду перевозок необходимо относиться с большой ответственностью и не допускать чрезвычайных ситуаций, которые наносят колоссальный вред нашей экологической системе.

Для грамотной организации транспортировки опасного груза следует обладать правовой информацией, регулярно следить за ее обновлением, соблюдать правила по

перевозке конкретного груза, оборудовать подвижной состав под перевозку, обучать водителей в специализированных комбинатах, соблюдать требования по маркировке груза, оформлению документов и многое другое. При несоблюдении этих требований на перевозчика и грузовладельца налагаются крупные штрафы.

Довольно сложно оформить необходимую категорию для фирмы и специальные разрешения. В связи с этим в России замечен недостаток компании, которые официально имеют право заниматься перевозками грузов повышенной опасности. Появляется проблема малого количества подвижного состава. Из-за этих причин невозможно вести учет за перевозками опасных грузов. Это способствует появлению нелегальных перевозок опасных грузов, которые отрицательно влияют на экономику рынка в транспортной сфере. Все это потому, что перевозчик устанавливают низкую цену, что довольно часто привлекает грузовладельца.

Перевозчик несет ответственность за получение разрешения на перевозку опасных материалов, веществ или изделий. Компания должна подать заявление установленной формы в территориальный отдел службы дорожного надзора, в котором указать схему маршрута перевозки, описать груз и перечислить всех ответственных лиц.

Транспортировка опасных грузов требует высокого уровня безопасности, поэтому возрастают требования, выдвигаемые к автомобильному подвижному составу. Стандарты регулируются европейским соглашением (ДОПОГ) и национальным стандартом. Контроль за соблюдением норм безопасности происходит в ГИБДД, где подтверждается или опровергается пригодность транспортного средства для осуществления перевозок.

Сотрудниками ГИБДД зачастую выявляются нарушения, несоответствующие Правилам перевозки опасных грузов, прежде всего в части оформления документов, дающих право на перевозку опасных грузов:

- отсутствие одного или нескольких специальных для опасных грузов документов;
- отсутствие или незнание специальных инструкций;
- самовольное изменение согласованного маршрута;
- использование разрешительных документов, срок действия которых истек;
- использование недействительных разрешений;
- нарушение маршрута следования и времени перевозки;
- замену типов подвижного состава, указанного в документах;
- отсутствие отметок о прохождении инструктажа и медицинского контроля перед рейсом;
- превышение нагрузок на ось;
- нарушение труда и отдыха водителя и др.

Каждый инцидент, вызванный нарушениями при транспортировке опасных грузов, может иметь различные последствия из-за попадания опасного вещества в воздух, землю и воду. Чтобы избежать рисков или уменьшить их негативные последствия, необходимо обращаться к специально обученным людям, которые знают, какие меры предосторожности, в каких случаях и как надо применять.

Для осуществления незаконной перевозки груза зачастую используют «спецталон» (спецталон – это жаргонное наименование специального предписания на транспортное средство, которое юридически не дает никакого права нарушать ПДД, но запрещает досматривать пассажиров, груз и задерживать автомобиль.). Это тоже существенно снижает цену перевозки, так как отпадает процедура досмотра автомобиля на дороге [2]. Также исчезают процедуры согласования маршрутов, технического освидетельствования транспорта и аттестация персонала в необходимом размере. Таким образом, отсутствует контроль за перевозками опасных грузов в объемах, значительно превышающих приводимые в официальных данных. А это означает, что гигантские финансовые потоки освобождаются от налогообложения.

На практике это означает:

- нахождение в транспортном потоке в любом регионе, в любое время суток и с любой скоростью непригодных автомобилей в неизвестном техническом состоянии, не обозначенных специальными знаками, которые везут нередко особо опасные грузы;
- отсутствие необходимости в специализированных автомобилях и как следствие отсутствие их производства в России.

Такая практика препятствует развитию компаний, официально имеющих право заниматься перевозками опасных грузов, поскольку отсутствие необходимости заказывать специальное оборудование приводит к ограниченным финансовым возможностям [4–6].

Обобщая все вышесказанное, можно выделить основные меры по повышению безопасности перевозки опасных грузов:

- замена подвижного состава и устаревших контейнеров на современные, отвечающие всем требованиям транспортной безопасности;
- совершенствование транспортного законодательства;
- улучшение технологии перевозочного процесса опасных грузов;
- повсеместное внедрение электронного документооборота и его постоянное совершенствование;
- повышение квалификации работников;
- проведение разъяснительной и образовательной работы с населением о действиях при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Более жесткие требования должны быть предъявлены как к подготовке, так и к организации перевозки. Следует обеспечить более серьезную подготовку персонала грузоотправителя, перевозчика и грузополучателя.

Широкий, постоянно меняющийся ассортимент опасных грузов, а также большие объемные и весовые показатели их перевозок во внутреннем и международном сообщении являются специфическим видом перевозок на автомобильном транспорте. Помимо постоянного совершенствования всех звеньев технологий процесса перевозки, вопросы безопасности дорожного движения и предотвращения аварий с опасными грузами продолжают оставаться в центре внимания специалистов по дорожному движению.

Мы не сможем повысить безопасность перевозки опасных грузов, если ими занимаются непрофессиональные перевозчики, цены которых намного ниже стандартных. Компании, у которых есть целый пакет документов и специализированная техника для перевозки опасных грузов, ими заниматься не будут, так как понесут большие убытки.

Комплексное решение проблемы повышения качества и безопасности перевозок ОГ требует совершенствования механизмов правового регулирования и разработки специальных технических регламентов и организационно-технологических мероприятий.

Внедрение технического регламента позволяет решать ряд задач. Посредством регулирования мы усиливаем транспортный контроль за перевозками, повышаем безопасность и снижаем вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий.

С целью существенного усовершенствования ситуации в транспортной сфере Российской Федерации все меры по совершенствованию перевозок необходимо принимать комплексно и централизованно, а обеспечить это может только государство, постоянно отслеживая и координируя действия отдельных компаний.

Литература

1. Коновалова Т.В. Анализ текущего состояния транспортно-логистической системы Краснодарского края / Т.В. Коновалова [и др.] // В сборнике: Механика, оборудование, материалы и технологии. Сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2018. – С. 655–662.
2. Коновалова Т.В. 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.
3. Коновалова Т.В. Совершенствование методов оптимизации транспортно-логистических издержек в торгово-транспортно-логистических системах / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.П. Миронова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2020. – № 9. – С. 197–199.

4. Коновалова Т.В. 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.
5. Коновалова Т.В. Оценка проектных решений на транспорте / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2020.
6. Коновалова Т.В. Исследование рынка перевозок по заказам в регионе / Т.В. Коновалова [и др.]; Отв. за выпуск Е.Е. Витвицкий // В сборнике: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ». – 2015. – С. 74–77.

References

1. Konovalova T.V. Analysis of the current state of the transport and logistics system of the Krasnodar Territory / T.V. Konovalova [et al.] // In the collection: Mechanics, equipment, materials and technologies. Collection of scientific articles based on the materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Technological University. – 2018. – P. 655–662.
2. Konovalova T.V. 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.
3. Konovalova T.V. Improvement of methods for optimizing transport and logistics costs in trade, transport and logistics systems / T.V.Konovalova, S.L. Nadiryan, M.P. Mironova // Humanities, socio-economic and social sciences. – 2020. – № 9. – P. 197–199.
4. Konovalova T.V. 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.
5. Konovalova T.V. Evaluation of design solutions in transport / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2020.
6. Konovalova T.V. Research of the market of transportation by orders in the region / T.V. Konovalova [et al.]; Responsible for the release of E.E. Vitvitsky // In the collection: International scientific and practical conference «Architecture, construction, transport» (to the 85th anniversary of the «SibADI» FSBEI HPE). Collection of scientific papers № 8 of the department «Organization of transportation and management in transport». FSBEI HPE «SibADI», Department «OPiUT». – 2015. – P. 74–77.

УДК 532.5:004.94

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА,
МОДЕЛИРУЮЩЕГО СКВАЖИННЫЕ УСЛОВИЯ**



**DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL STAND
SIMULATING WELL CONDITIONS**

Омельянюк М.В.

кандидат технических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Шарнов А.И.

кандидат технических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Ладенко А.А.

кандидат технических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Аннотация. Для изучения процесса разрушения затопленными гидравлическими высоконапорными струями отложений на стенках скважины, интенсификации добычи пластовых, возникла необходимость во всестороннем исследовании кавитации в условиях повышенных противодавлений. Для этого необходима разработка нового экспериментального стенда, моделирующего скважинные условия; разработка методов проведения экспериментов, при которых кавитационное воздействие по своим характеристикам было бы максимально приближено к натурным условиям.

Ключевые слова: раскольматация, кавитация, скважина, пласт, модель, насадок, колебания, камера.

Omelyanyuk M.V.

Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Sharnov A.I.

Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Ladenko A.A.

Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Annotation. To study the process of destruction of deposits on the walls of the well by flooded hydraulic high-pressure jets, the intensification of reservoir production, there was a need for a comprehensive study of cavitation under conditions of increased back pressure. To do this, it is necessary to develop a new experimental stand that simulates well.

Keywords: dissociation, cavitation, well, reservoir, model, nozzle, vibrations, chamber.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Кубанского научного фонда и ООО «Аквабурстрой»
в рамках научного проекта № МФИ-П-20.1/8».*

В настоящее время в отечественной практике распространены методы раскольматации нефтяных и водозаборных скважин, использующие колебательные эффекты затопленных высоконапорных струй жидкости. Преимущество используемых технических средств заключается в отсутствии подвижных частей, возможности генерирования колебаний вне самого устройства, а в ряде случаев – непосредственно в перфорационных каналах или на стенках обсадных труб.

Для управления процессом использования данных технологий и оборудования необходимо выполнить ряд экспериментальных исследований. А именно: геометрических характеристик и степени развития кавитации – визуальным методом, гидравлических характеристик затопленных струй – гидродинамическим методом, эрозионной способности – методом, основанным на обнаружении и последующих измерениях степени разрушений испытываемых материалов

Для исследования процесса кавитации в максимально приближенным скважинным условиям (противодавление порядка 30 МПа) в лаборатории «Гидродинамика

струйных истечений» Армавирского механико-технологического института» ФГБОУ ВО «КубГТУ» был создан универсальный экспериментальный стенд с гидравлической камерой, к которой были предъявлены основные технические требования: возможность непосредственного наблюдения кавитации, фотографирования и видеозаписи процессов; высокая точность измерений и воспроизведение результатов, высокая скорость эрозионного разрушения образцов путем выбора оптимальных параметров струйной кавитации; эрозионная и коррозионная стойкость ее элементов; безопасность проведения экспериментов; возможность проведения эксперимента при параметрах давления рабочей жидкости до **50,0 МПа**.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема экспериментального стенда с использованием гидравлической камеры.

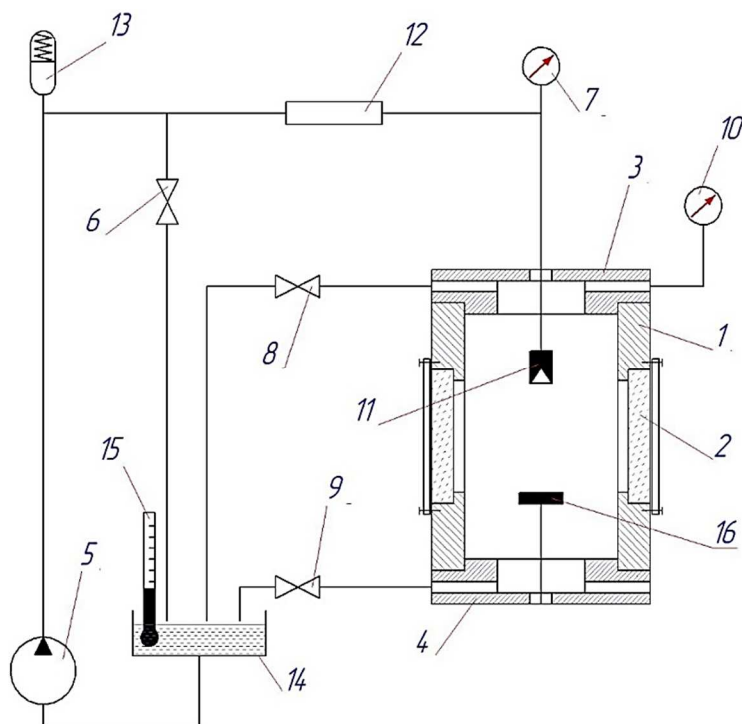


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментального стенда с гидравлической камерой:

- 1 – камера; 2 – смотровые окна; 3 – верхняя крышка; 4 – нижняя крышка;
5 – насос высокого давления; 6, 8, 9 – вентили; 7, 10 – манометры; 11 – насадка,
12 – трубка Пито; 13 – гидроаккумулятор, 14 – сливной бак; 15 – термометр

Работает гидравлическая камера следующим образом: через осевое отверстие в верхней торцовой крышке 4 подводится рабочая жидкость к насадке 11. Давление подводимой жидкости регулируется вентилем 6 и контролируется по манометру 10. Давление, создаваемое в камере регулируется вентилями 8, 9 и контролируется манометром 10. Через осевое отверстие в торцовой крышке 3 вводится трубка Пито для оценки гидродинамического давления струи.

Через одно из окошек рассеянным светом освещается внутреннее пространство камеры, через противоположное окошко производится наблюдение, при необходимости фото-, видеосъемка кавитирующих струйных потоков.

Разработанный экспериментальный стенд позволяет:

1. Проводить исследования в условиях, максимально приближенных к натурным, с учетом условий стеснения струйного истечения в призабойно-зоне скважины.
2. Определять скорость процесса разрушения образца при различных параметрах гидравлического воздействия и прочностных характеристиках отложений.
3. Бесступенчато регулировать рабочее давление и противодействие в гидродинамической камере.
4. Наблюдать процесс и производить его фото-, видеосъемку.

5. Использовать в качестве рабочей жидкости воду, нефть и ее фракции, а также растворы и рассолы солей, что важно при исследовании процесса удаления отложений из НКТ при замкнутой схеме движения рабочей жидкости (насыщение технической воды в процессе работы ионами солей), а также при исследовании технологии очистки НКТ непосредственно в скважине.

Литература

1. Патент РФ № 57818. Гидравлическая камера / Авт. полез. мод. С.Н. Салухов, С.В. Сотников, И.А. Пахлян. Б.И. № 30. Дата подачи заявки 17.07.2006.
2. Омелянюк М.В. Гидродинамические и кавитационные струйные технологии в нефтегазовом деле : монография / М.В. Омелянюк, И.А. Пахлян. – Издательство: Кубанский государственный технологический университет, 2017. – С. 215.
3. Запорожец Е.П. Гидродинамическая кавитация (свойства, расчеты, применение) / Е.П. Запорожец, Г.К. Зиберт, Е.Е. Запорожец // Обз. Инф. Серия: Подготовка и переработка газа и газового конденсата. – М. : ООО «ИРЦ Газпром», 2003. – 130 с.

References

1. Patent of the Russian Federation № 57818. Hydraulic chamber / Aut. climbed. mod. S.N. Salukhov, S.V. Sotnikov, I.A. Pakhlyan. B.I. № 30. Application Date 17.07.2006.
2. Omelyanyuk M.V. Hydrodynamic and cavitation jet technologies in oil and gas business : monograph / M.V. Omelyanyuk, I.A. Pakhlyan. – Publishing House : Kuban State University of Technology, 2017. – P. 215.
3. Zaporozhets E.P. Hydrodynamic cavitation (properties, calculations, use) / E.P. Zaporozhets, G.K. Siebert, E.E. Zaporozhets // Overview Information Series: Gas and gas condensate preparation and processing. – M. : RPI Gazprom LLC, 2003. – 130 p.

УДК 532.528.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ КАВИТАЦИИ



EXPERIMENTAL STUDIES OF CAVITATION GENERATORS

Омельянюк М.В.

кандидат технических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Горовенко Л.А.

кандидат технических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Ровенская О.П.

кандидат ветеринарных наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Алексян Г.О.

кандидат педагогических наук,
Кубанский государственный
технологический университет
m.omelyanyuk@mail.ru

Аннотация. Кавитация, сопровождаемая многочисленными вторичными эффектами, является мощным интенсифицирующим фактором процессов диспергирования, эмульгирования, гомогенизации, очистки от отложений и др. Наиболее простым способом реализации кавитационной технологии является проектирование истечения через насадки специальной формы, размера и материала в затопленное пространство. Для управления этим процессом, и оптимальным подбором параметров авторами было выполнено всестороннее исследование этих процессов. В том числе влияние кавитации на эрозионную стойкость материала из которого изготавливаются насадки – генераторы кавитации.

Ключевые слова: генератор кавитации, насадок, декольматация, диспергирование, солеотложения, очистка забоев, компановка.

Omelyanyuk M.V.

Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Gorovenko L.A.

Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Rovenskaya O.P.

Candidate of veterinary Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Aleksanyan G.O.

Candidate of pedagogical Sciences,
Kuban State Technological University
m.omelyanyuk@mail.ru

Annotation. Cavitation, accompanied by numerous secondary effects, is a powerful intensifying factor in the processes of dispersion, emulsification, homogenization, purification from deposits, etc. The simplest way to implement the cavitation technology is to design the flow through the nozzles of a special shape, size and material into the flooded space. To control this process, and the optimal selection of parameters, the authors carried out a comprehensive study of these processes. Including the effect of cavitation on the erosion resistance of the material from which the cavitation generator nozzles are made.

Keywords: cavitation generator, nozzle, decolmatization, dispersion, salt deposition, face cleaning, line-up.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Кубанского научного фонда и ООО «Аквабурстрой»
в рамках научного проекта № МФИ-П-20.1/8».*

В насадках погружных гидродинамических установок для декольматации призабойной части пласта и интервала перфорации, для селективной обработки продуктивных пластов комбинированным физико-химическим воздействием при эффективном генерировании колебаний возникает значительная кавитационная эрозия [1]. Генераторы кавитации, конструктивно оптимальные с точки зрения отсутствия эрозии, не всегда обеспечивают требуемое генерирование колебаний, поэтому генераторы необходимо изготавливать из материалов, стойких к эрозии.

Согласно [2], легированные коррозионностойкие стали характеризуются высокой кавитационной стойкостью. Наибольшей стойкостью среди исследованных [3] сталей в пресной воде обладает сталь 30X10Г10. При воздействии кавитационной струей солевого раствора (морская вода) наибольшей стойкостью обладают стали с повышенным содержанием хрома – 10X14Г12М и 10X14АГ10 [3]. Исследования показали, что отдельно взятые химический состав металлов, их макротвердость или микротвердость структурных составляющих и микроструктура однозначно не определяют кавитационную износостойкость. Сопrotивляемость сплавов к кавитационной эрозии зависит от сочетания множества факторов. В реальных условиях играет существенную роль и коррозионный фактор.

Для получения данных о стойкости к кавитационному воздействию ряда сплавов проведены в «Лаборатории гидродинамика струйных истечений» Армавирского механико-технологического института ФГБОУ ВО «КубГТУ» экспериментальные исследования в условиях струйного гидродинамического кавитационного воздействия. Применялся метод обнаружения и фиксирования разрушений на поверхности материала образцов.

До и после эксперимента металлические образцы высушивались и взвешивались на аналитических весах, определялась величина потери массы материала. Затем с учетом плотности определялась объемная эрозия, так как первоочередное влияние на работоспособность генератора кавитации имеет изменение геометрии потока, а не унос массы. В качестве рабочей жидкости для проведения исследований использовалась водопроводная вода, которая подавалась в камеру экспериментальной установки от высоконапорного трехплунжерного насоса, позволяющего развивать давление рабочей жидкости до 63,0 МПа.

Образцы представляли собой пластины с наружным диаметром $D=40\text{мм}$; $\delta=3\text{мм}$.

Исследовались следующие металлы и сплавы – бронза БрАЖ9-4, сталь 40X13 в состоянии поставки и с упрочняющей термообработкой до твердости HRC 50..55, сталь 30X10Г10, титановые сплавы BT1-0 и BT3. Коррозионностойкие стали с повышенным содержанием хрома (к примеру, X23Ю5Т), рекомендуемые для работы в агрессивных средах, исследованию не подвергались, поскольку их использование при изготовлении насадок с диаметрами проточной части 0,6–1,0 мм затруднительно.

Условия проведения экспериментальных исследований: рабочее давление на входе в насадок $P_{\text{раб}} = \text{const} = 20\text{ МПа}$, противодействие $P_{\text{кам}} = \text{const} = 0,6\text{ МПа}$, температура воды $t = \text{const} = 20\text{ }^\circ\text{C}$, диаметр проходного сечения гидродинамического генератора кавитации $d_0 = 1\text{ мм}$, расстояние между срезом генератора кавитации и испытываемым образцом 15 мм. Конструктивные параметры экспериментального струйного генератора гидродинамической кавитации – угол входного конусного участка $\alpha_1 = 12^\circ$, его длина $l_1 = 25\text{ мм}$; угол выходного конусного участка – $\alpha_2 = 50^\circ$, $l_2 = 5\text{ мм}$; диаметр цилиндрического участка $d_0 = 1\text{ мм}$; длина цилиндрического участка составляла $2d_0$.

Результаты исследований представлены на рисунке 1.

Экспериментальные исследования подтвердили высокую стойкость стали 30X10Г10 к гидродинамическому кавитационному эрозионному воздействию. Достоинством применения сплава БрАЖ9-4 является высокая технологичность обработки и низкая себестоимость; недостатком – низкая стойкость к кавитационному эрозионному воздействию. Данный сплав целесообразно применять для снижения стоимостных показателей при изготовлении гидродинамических насадков, используемых для работы на пресной воде, не содержащей абразивных частиц и ионов солей, при незначительных противодействиях. На рисунке 2 представлены генераторы кавитации, предназначенные для обработок водозаборных скважин.

Сталь 40X13, применяемая в настоящее время отечественной промышленностью при изготовлении сопел и насадков, характеризуется сравнительно низкими результатами сопротивляемости кавитационной эрозии. Перспективно использование при изготовлении гидродинамических генераторов кавитации титановых сплавов. Проведенные в 2018–2021 гг. промысловые исследования гидродинамических генераторов кавитации, изготовленных из титановых сплавов, показали, что их наработка на отказ при восстановлении дебитов водозаборных скважин составляет от 1000 до 3000 часов при рабочем давлении 50,0 МПа.

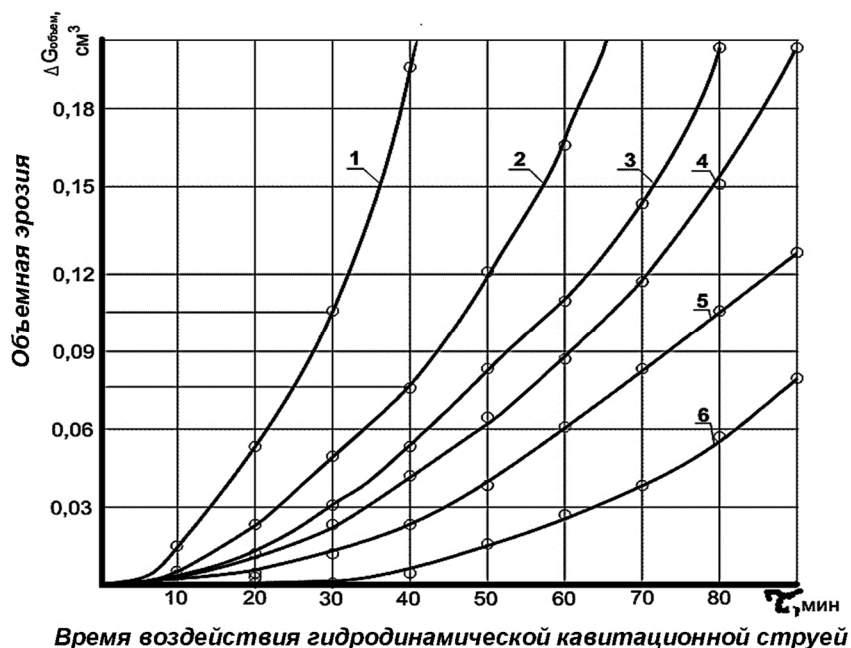


Рисунок 2 – Зависимость объемной эрозии металлов от времени воздействия кавитационной струей:
 1 – БрАЖ9-4; 2 – 40Х13 (200 НВ); 3 – 40Х13 (50..55 HRC);
 4 – ВТ1-0; 5 – ВТ3-1; 6 – 30Х10Г10



Рисунок 2 – Эрозия генераторов кавитации, $d_0 = 2,2$ мм: слева – новый, 2 и 3 – после 3 и 5 часов работы в водозаборной скважине ($\Delta P = 26$ МПа, $P_{кам} = 2,0 \div 3,5$ МПа)

Литература

1. Омелянюк М.В. Повышение эффективности кавитационной реанимации скважин / М.В. Омелянюк // Нефтепромысловое дело. – 2008. – № 5. – С. 35–41.
2. Богачев И.Н. Повышение кавитационно-эрозионной стойкости деталей машин / И.Н. Богачев, Р.И. Минц. – М. : Машиностроение, 1984. – 144 с.
3. Цветков Ю.Н. Кавитационное изнашивание металлов и оборудования. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2003. – 155 с.

References

1. Omelyanyuk M.V. Improving the efficiency of cavitation resuscitation of wells / M.V. Omelyanyuk // Oil production business. – 2008. – № 5. – P. 35–41.
2. Bogachev I.N. Increasing the cavitation-erosion resistance of machine parts / I.N. Bogachev, R.I. Mints. – M. : Engineering, 1984. – 144 p.
3. Tsvetkov Yu.N. Cavitation wear of metals and equipment. – SPb. : Publishing House SPbGPU, 2003. – 155 p.

УДК 69.07

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛЕГЧЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF USING LIGHTWEIGHT METAL STRUCTURES IN CONSTRUCTION

Прозорова Александра Сергеевна

студентка,
Кубанский государственный
технологический университет
praleksaa@mail.ru

Леонова Анна Николаевна

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

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности применения облегченных металлических конструкций в строительстве. Приведены принципы конструирования бистальных, предварительно напряженных балок и балок с гофрированной, перфорированной и гибкой стенками. Описываются их достоинства и недостатки и особенности работы.

Ключевые слова: облегченные балки, прочность, трудоемкость, экономичность.

Prozorova Alexandra Sergeevna

Student,
Kuban State Technological University
praleksaa@mail.ru

Leonova Anna Nikolaevna

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

Annotation. This article discusses the features of the use of lightweight metal structures in construction. The principles of designing biscal, prestressed beams and beams with corrugated, perforated and flexible walls are presented. Their advantages and disadvantages and features of their work are described.

Keywords: lightweight beams, strength, labor intensity, economy.

Металлические конструкции в настоящее время широко применяются при возведении современных промышленных и общественных зданий и сооружений. Однако, перед проектировщиками стоит актуальная задача облегчения конструкций из металла для снижения массы здания и уменьшения стоимости конструкции, что, в свою очередь, приведёт к экономии бюджета всей стройки. Следовательно, использование облегченных металлических конструкций – важное и необходимое требование современного строительства.

Четкого общепринятого определения понятия «облегченные металлические конструкции» в литературе нет. Под облегченными металлическими конструкциями принято понимать стальные конструкции и системы, у которых, благодаря рациональной конструктивной форме, оптимальным размерам сечений, использованию сталей высокой прочности, металлоемкость существенно снижена по сравнению с традиционными конструкциями [1].

Среди облегченных металлических конструкций самыми распространенными и часто применяемыми являются стальные балки новых конструктивных форм, которые в отдельных случаях более эффективны, чем традиционные прокатные или составные балки, и их применение дает экономический эффект.

К таким конструктивным формам можно отнести облегченные металлические конструкции, а именно: бистальные балки; балки с гибкой стенкой; балки с перфорированной стенкой; балки с гофрированной стенкой; предварительно напряженные балки;

На основе анализа особенностей конструирования, работы и рекомендаций по расчету облегченных конструкций [4] рассмотрим преимущества и недостатки данных металлических конструкций.

Бистальные балки (рис. 1) – это балки из двух марок стали различной прочности, в которых сталь повышенной прочности применяется только в наиболее напряженных

участках поясов балок, а вся стенка и пояса – вблизи опор балки, т.е. участки балки, испытывающие меньшие нормальные напряжения, выполняются из стали малоуглеродистой. Данная особенность конструирования позволяет снизить металлоёмкость, следовательно, экономится металл, что в свою очередь приводит к снижению стоимости.

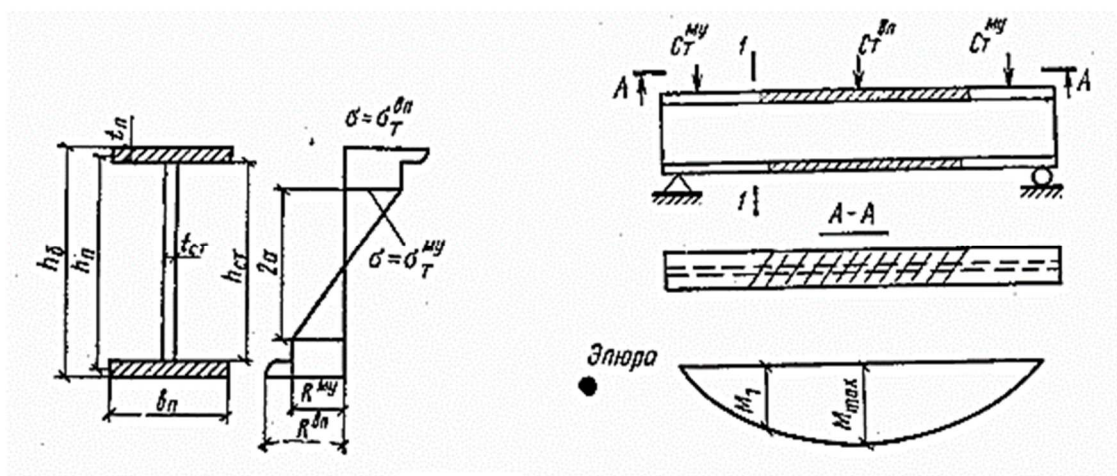


Рисунок 1 – Бистальные балки

Выделяют четыре типа бистальных балок по признаку предела их пластической деформации:

1. Подкрановые балки, работающие в режиме 1К-5К (ГОСТ 25546"82).
2. Балки, которые воспринимают подвижные и вибрационные нагрузки (балки для рабочих площадок, транспортерных галерей).
3. Балки, которые используются для статических нагрузок (балки перекрытий и покрытий; ригели рам, фахверка и другие изгибаемые, растянуто-изгибаемые и сжато-изгибаемые балочные элементы).
4. Балки по функциям схожие с третьим типом, но не подверженные локальным воздействиям, не имеющие продольных ребер жесткости, обладающие повышенной общей и местной устойчивостью.

Таким образом, при проектировании бистальных балок экономия металла при пролете 15 м от 30 % по сравнению с прокатными, при пролете 18 м – от 50 %. Преимущество по сравнению с другими сварными балками (например, балки с гибкой стенкой) – несущая способность на 33 % выше, при той же массе. При работе с циклическими нагрузками бистальные балки обладают большей износостойкостью, чем обычные балки. К основным недостаткам данной конструкции относят повышенную трудоемкость изготовления.

Балки с гибкой стенкой (рис. 2) в строительстве применяют относительно недавно. Изначально они появились в конструкциях каркасов летательных аппаратов, где для легкости стенки выполняли из прочной ткани. Плоская стенка в такой балке теряет устойчивость в начальной стадии нагружения, приобретая вторую устойчивую форму в виде наклонно гофрированной (у опор, где преобладает сдвиг), либо вспарушенной (в зонах с преобладающими напряжениями сжатия) поверхности. После снятия нагрузки эти деформации стенок исчезают.

Выделяют несколько типов балок с тонкими стенками:

1. С поперечными ребрами, приваренными к стенке – двусторонними и одно-сторонними, или не связанными с нею;
2. Балки без поперечных ребер.

По статической схеме балки с гибкой стенкой могут быть разрезными и неразрезными, а по очертанию – постоянной или переменной высоты (двускатные либо односкатные). Применяют такие балки в качестве прогонов, стропильных и подстропильных конструкций пролетом от 12 до 36 м с соотношением постоянных и временных нагрузок от 1/1,5 до 1/2, балок жесткости, комбинированных балочно-вантовых систем, балок-стенок бункеров, стенок крупногабаритных вентиляционных коробов, газоходов.

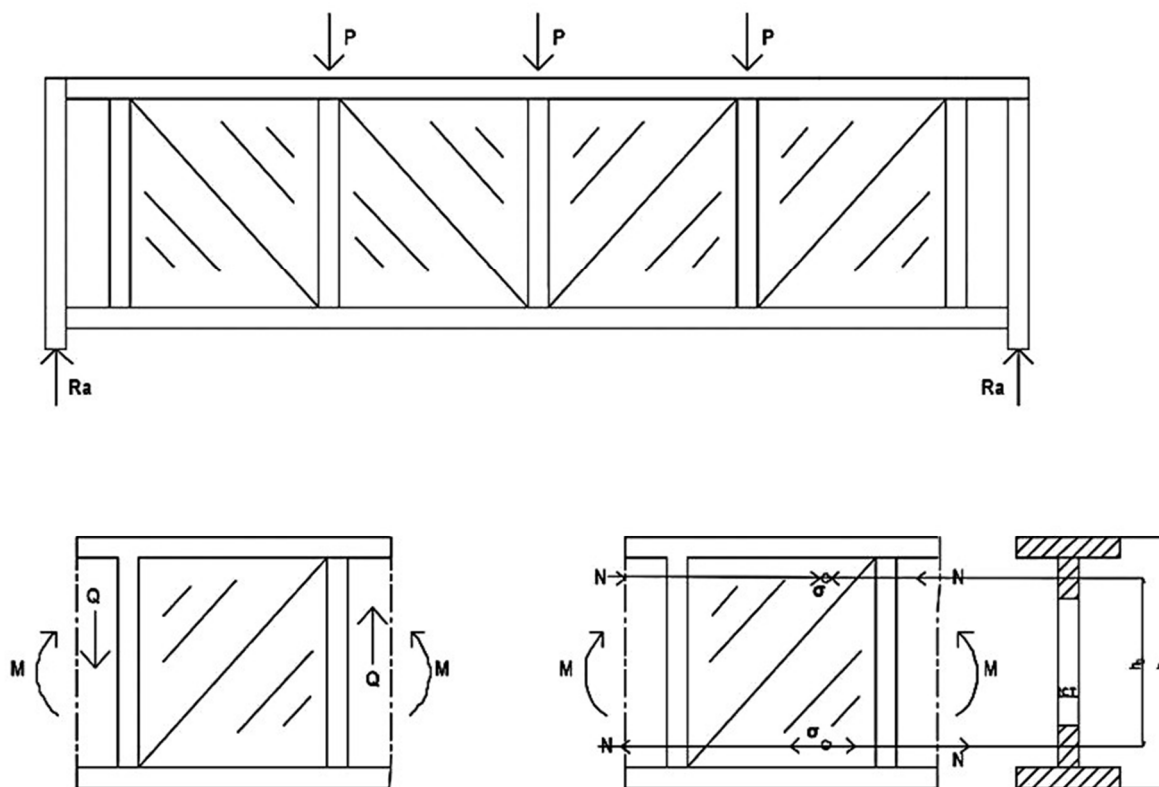


Рисунок 2 – Балка с гибкой стенкой

Уменьшение относительной толщины стенки $\lambda w = hw / tw$ в 2–3 раза приводит к снижению расхода металла на стенку на 25–35 % и к концентрации металла в поясах, что выгодно по условиям работы на изгиб. Применение балок с очень тонкими стенками уместно при стабильном направлении действия статических временных нагрузок.

Балки с гофрированной стенкой – это разновидность балок с гибкой стенкой (рис 3). Одним из путей снижения металлоемкости балок является гофрирование их стенок. Гибкость таких стенок можно повысить до 300–600, к тому же чем тоньше стенка, тем легче выполнить ее гофрирование.

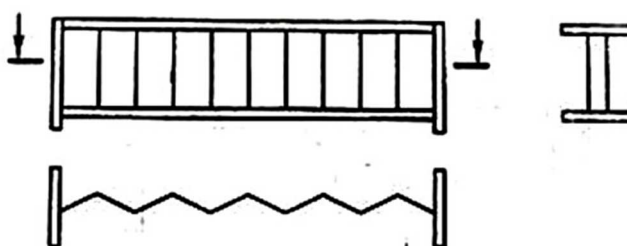


Рисунок 3 – Балка с гофрированной стенкой

Толщину гофрированных стенок принимают в пределах от 2 до 8 мм, что обеспечивает им все преимущества, определяемые тонкостенностью. В изготовлении стенок появляется дополнительная технологическая операция – гофрирование, при этом усложняется сварка поясных швов. Но уменьшение толщины стенки и исключение значительного числа ребер жесткости приводят в конечном счете к снижению трудозатрат на изготовление балок на 15–25 %. По трудоемкости изготовления и расходу металла балки с гофрированной стенкой выигрывают и у балок с гибкой стенкой благодаря резкому снижению числа ребер жесткости, повышенной крутильной жесткости балок и высокой местной устойчивости стенки.

Балки с гофрированной стенкой дольше работают в упругой стадии, чем балки с гибкой стенкой той же толщины. Деформативность балок с гофрированной стенкой на 15–20 % ниже, чем у балок с гибкой стенкой с теми же параметрами.

Область применения балок с гофрированной стенкой шире, чем балок с гибкой стенкой: они применимы в подкрановых конструкциях и во всех других случаях, когда требуется повышенная жесткость балок на кручение.

Балки с перфорированной стенкой (рис. 4) образуются путем разрезки стенки прокатного двутавра по зигзагообразной линии с последующей раздвижкой и сваркой встык частей двутавров по выступам стенки.

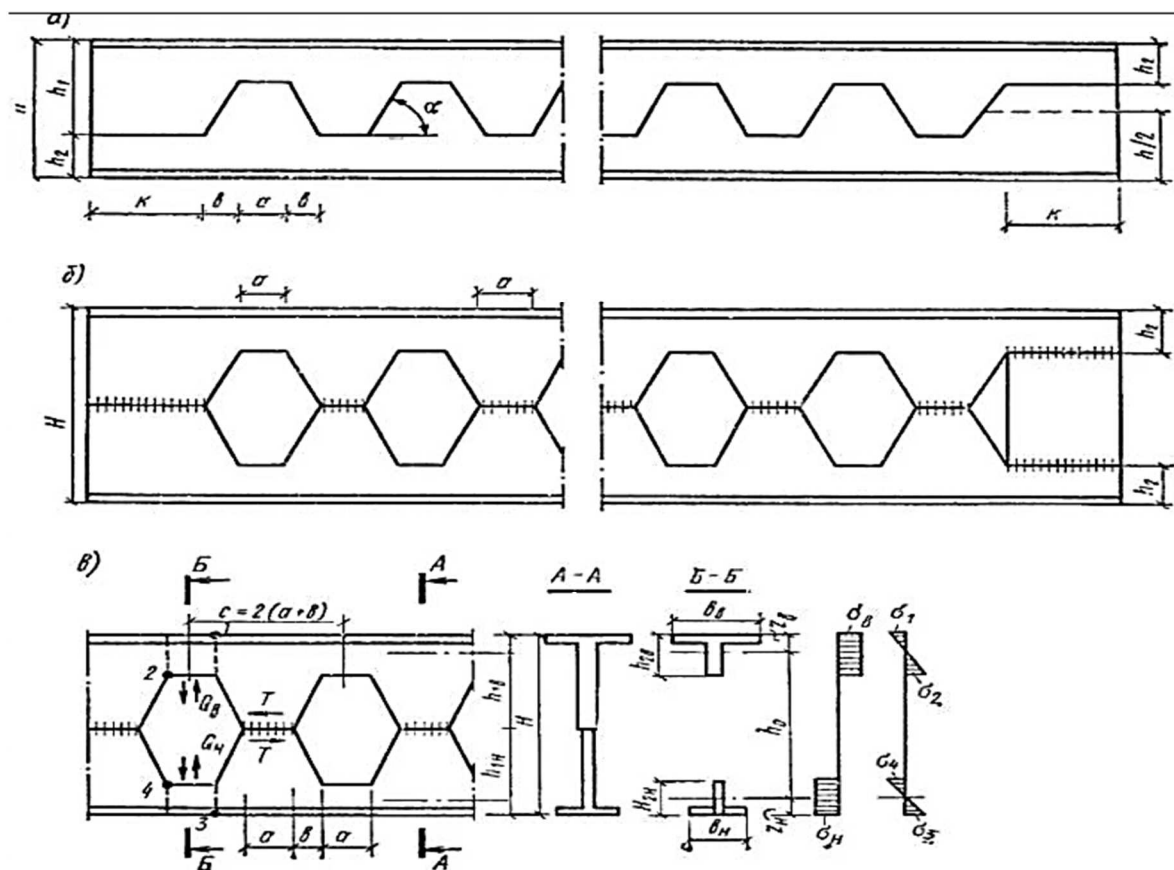


Рисунок 4 – Балки с перфорированной стенкой:
 а) роспуск исходного двутавра; б) сварка сквозного двутавра; в) к расчету сквозного двутавра

Расход металла в таких балках на 20–30 % меньше, чем в обычных прокатных балках, при одновременном снижении стоимости на 10–18 %. Дополнительные затраты труда на разрезку и сварку исходного проката невелики: в сравнении со сварными составными двутаврами по трудоемкости изготовления перфорированные балки на 25–35 % эффективнее за счет сокращения объема сварки и значительно меньшей трудоемкости операций обработки. Несущая способность балок с перфорированными стенками в 1,3–1,5 раза выше, чем у исходного двутавра, что определяется их большей высотой.

Однако следует иметь в виду, что у балок с перфорированными стенками при циклических или ударных воздействиях, особенно в условиях низких температур, когда развитие пластических деформаций сковано, в углах отверстий могут появиться трещины.

Конструктивные решения балок с перфорированной стенкой отличаются большим разнообразием, возможно изготовить балки одно – и двускатные, с уклоном как в верхнем, так и в нижнем поясе.

Данные балки высокоэффективны при значительных пролетах и относительно небольшой нагрузке, особенно в тех случаях, когда требуется повышенная изгибная жесткость по условию предельного прогиба.

Еще одним видом облегченных металлических конструкций являются предварительно напряженные балки (рис. 5).

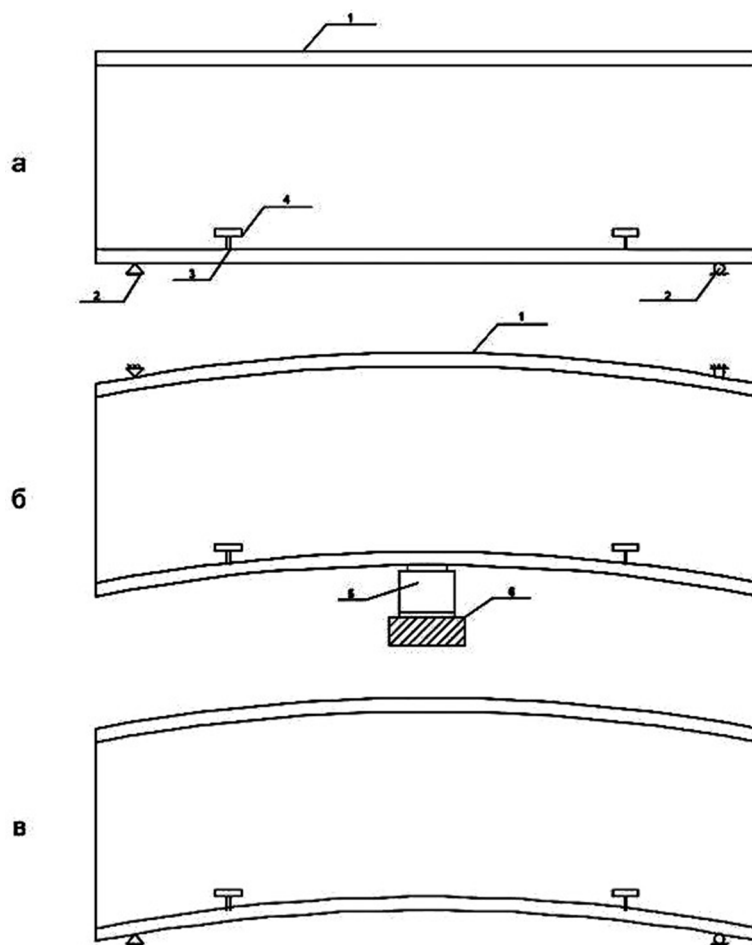


Рисунок 5 – Предварительно напряженная балка

а – перед изгибом с вертикальными прорезями и продольными ребрами; б – в процессе напряжения; в – общий вид; 1 – балка; 2 – опоры; 3 – прорезь; 4 – продольные ребра; 5 – домкрат; 6 – жесткий упор

Предварительное напряжение – это один из способов увеличения эффективности использования материала конструкций. С его помощью удастся уменьшить расход металла на 5–12 %, понизить строительную высоту балки, добиться более рационального распределения материала по длине балки.

Результативность предварительного напряжения состоит в том, что при сборке конструкции в ней создаются напряжения, обратные по знаку напряжения от нагрузки. То есть во время эксплуатации конструкции эти напряжения будут задействованы в первую очередь, и только после того, как они достигнут лимита восприятия нагрузки, нагрузку начнет воспринимать материал. Предварительное напряжение увеличивает продолжительность упругой работы материала, из которого выполнена основная часть конструкции, и уменьшает стоимость предварительно напряженных балок, так как высокопрочные материалы для них частично могут заменить основной материал конструкции и они дешевле конструкционной стали. Стоимость одной тонны стали (удельная стоимость) уменьшается с повышением прочности стали.

Таким образом, поиск решений по усовершенствованию балочных конструкций привел к появлению ряда новых конструктивных форм, которые более эффективны, чем традиционные прокатные или составные балки, и их применение дает экономический эффект, как, например, снижение весовых показателей, экономия стали до 10–50 %, экономия энергозатрат на их изготовление. Основными преимуществами облегченных балок по сравнению с другими сварными балками – это надежность и повышенные прочностные характеристики: увеличение несущей способности до 40 % выше, при той же массе, большая устойчивость к сжатию и нагрузкам на изгиб, большая устойчивость к влиянию атмосферных осадков и механических разрушений, что, в свою очередь, повышает безопасность строительных конструкций и сооружений в целом.

Литература

1. Холопов И.С. Облегченные металлические конструкции – опыт, разработка, внедрение / И.С. Холопов [и др.] // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 12(155). – С. 40–45.
2. Иванов П.С. Оптимизация бистальных двутавровых балок с учетом действия продольных сил / П.С. Иванов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2004. – № 1(9). – С. 34–44.
3. Сорокина Е.Н. Балки и балочные клетки : учеб. пособие / Е.Н. Сорокина, А.Н. Леонова. – Краснодар : Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2020. – 182 с.
4. Хейшхо А.Б. Пути совершенствования балочных конструкций / А.Б. Хейшхо, А.В. Пальянова, А.Н. Леонова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 305–309.
5. Святошенко А.Е. Балки с перфорированной стенкой в большепролетных покрытиях зданий / А.Е. Святошенко // Вестник НИЦ Строительство. – 2021. – № 1(28). – С. 85–91.

References

1. Kholopov I.S. Lightweight metal structures – experience, development, implementation / I.S. Kholopov [et al.] // Construction materials, equipment, technologies of the XXI century. – 2011. – № 12(155). – P. 40–45.
2. Ivanov P.S. Optimization of biscal I-beams taking into account the action of longitudinal forces / P.S. Ivanov // Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Construction. – 2004. – № 1(9). – P. 34–44.
3. Sorokina E.N. Beams and beam cells : manual / E.N. Sorokina, A.N. Leonova. – Krasnodar : Limited Liability Company «Publishing House – South», 2020. – 182 p.
4. Heishkho A.B. Ways to improve beam structures / A.B. Heishkho, A.V. Palyanova, A.N. Leonova // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 4. – P. 305–309.
5. Svyatoshenko A.E. Beams with a perforated wall in large-span covers of buildings / A.E. Svyatoshenko // Bulletin of the Research Center Construction. – 2021. – № 1(28). – P. 85–91.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ



SCIENCES ABOUT THE EARTH

УДК 624.131.1 + 622.276

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И АНАЛИЗА ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ
ВОСТОЧНО-СОТЧЕМЬЮ-ТАЛЫЙЮСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**



**GEOLOGICAL BASICS FOR DESIGNING AND ANALYZING
THE CURRENT STATE OF DEVELOPMENT
OF THE VOSTOCHNO-SOTCHEM'YU-TALYYYUSKOE FIELD**

Горшчарук Алёна Петровна

студент направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный
технический университет»
aloyna1993@mail.ru

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки
и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений
и подземной гидромеханики
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный
технический университет»
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. Целью статьи является геолого-промысловый анализ Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения. Он проводится для того, чтобы получить надёжную информацию, необходимую для решения следующих основных задач управления процессом разработки: планирование видоизменений и уточнение принятой системы разработки; проектирования геолого-технических мероприятий по регулированию осуществляемой системы разработки; контроль степени выработки запасов; контроля энергетического состояния залежей; контроля технического состояния скважин и скважинного оборудования; оптимизация режимов работы добывающих и нагнетательных скважин; оперативного планирования распределения добычи нефти и закачки рабочих агентов по залежам, объектам, участкам, блокам, скважинам; оценки эффективности различных геолого-технических мероприятий по регулированию и интенсификации процессов разработки (переноса нагнетания, обработки призабойной зоны, изменение режимов работы скважины, ремонта скважин и т.п.). Однако основной задачей современного анализа разработки является определение мер по наиболее полному и эффективному использованию разведанных запасов нефти, по повышению нефтеотдачи всех пластов, объединённых в единый объект разработки.

Ключевые слова: тектоника и нефтегазоносность месторождения; характеристика эксплуатационного объекта; характеристика геологического строения, параметров продуктивных пластов и их неоднородности; физико-химические свойства нефти, газа и пластовой воды; основные этапы проектирования разработки месторождения; характеристика текущего состояния разработки; анализ структуры фонда скважин.

Gorshcharuk Aloyna Petrovna

Student Training Direction
21.03.01 «Oil and Gas Engineering»
Ukhta State Technical University
aloyna1993@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 purpose of the article is the geological and fishing analysis of the Vostochno-Sotchem'yu-Talyyuskoe field. It is carried out in order to obtain reliable information needed to solve the following main development process management tasks: Planning modifications and clarification of the accepted development system; designing geological and technical measures to regulate the implementation system implemented; control of the degree of reserves; control of the energy state of deposits; control of the technical condition of wells and downhole equipment; optimization of operation modes of mining and injection wells; operational planning distribution of oil production and injection of workers in deposits, objects, sites, blocks, wells; Evaluation of the effectiveness of various geological and technical measures to regulate and intensify the processes of development (discharge transfer, processing of the bottomhole zone, change the modes of operation of the well, repair of wells, etc.). However, the main task of modern analysis of development is the definition of measures to the most complete and efficient use of explored oil reserves, to increase oil recovery of all reservoirs combined into a single development object.

Keywords: tectonics and oil and gas of field; characteristics of the operational object; characteristic of the geological structure, parameters of productive reservoirs and their inhomogeneities; physico-chemical properties of oil, gas and plastic water; main stages of the design of the development of the deposit; characteristic of the current state of development; analysis of the structure of the well foundation.

Общие сведения о месторождении

Восточно-Сотчемью-Талыйюское месторождение нефти расположено в Печорском районе Республики Коми и удалено от районного центра г. Печора на 130 км на юго-запад.

Месторождение находится в 50–70 км к северо-востоку от ранее открытых (1983–1987 гг.) Аресских месторождений и входит в состав Аресско-Сотчемьюской группы рифогенных поднятий (рис. 1).

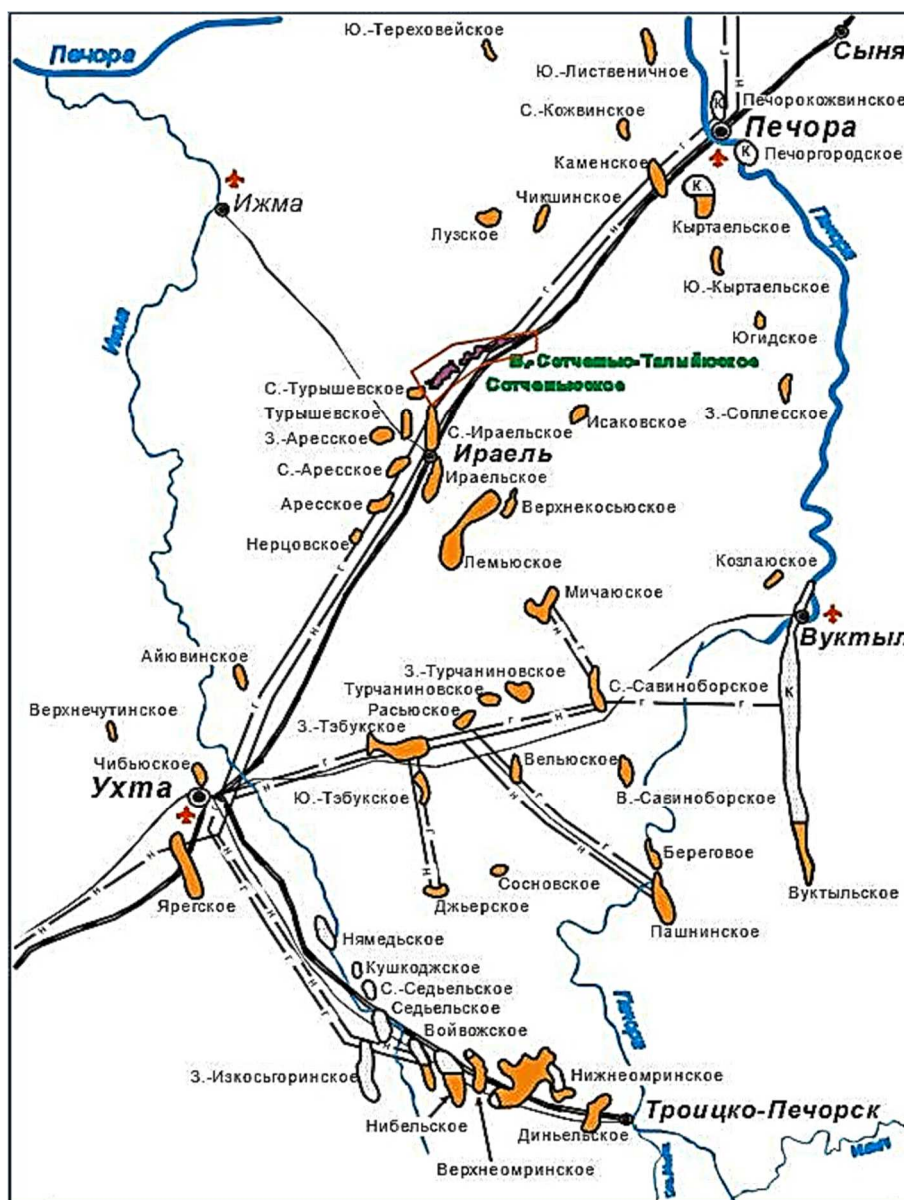


Рисунок 1 – Обзорная карта района работ

В географическом отношении месторождение располагается в пределах южной части Печорской низменности на водоразделе крупных рек Печоры и Ижмы. Местность представляет собой всхолмленную равнину с абсолютными отметками от + 110 до + 210 м над уровнем моря.

Для водоснабжения промышленных объектов на Восточно-Сотчемью-Талыйюском месторождении можно использовать подземные воды верхне-среднеюрского водоносного комплекса, залегающего в интервале 60–260 м. Литологически комплекс представлен переслаиванием глин, алевролитов и песчаников. Вышезалегающие отложения четвертичного возраста представлены суглинками, супесями с прослоями тонкозернистого песка. При поисково-разведочных работах использовались воды верхней части комплекса в ин-

тервале 60–130 м. Водоносные пласты представлены мелкозернистыми слабосцементированными песчаниками мощностью 15–30 м. Статический уровень подземных вод комплекса устанавливается на глубине 8–10 м.

Дебиты при компрессировании от 60 до 200 м³/сут. Воды гидрокарбонатные натриевые с минерализацией до 1 г/л и в основном удовлетворяют требованиям ГОСТа.

Район месторождений располагает достаточными запасами строительных материалов: глин, гравия, песка, бутового камня и древесины, которые обеспечивают нужды геологоразведки и разработки.

Стратиграфия

Геологический разрез осадочного чехла Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения представлен палеозойскими и мезозойскими образованиями, которые подстилаются метаморфизованными породами протерозойского складчатого фундамента. Наиболее древними вскрытыми отложениями являются нижнесилурийские.

Породы фундамента вскрыты на соседней площади в Сотчемьюской на глубине 3040 м, где представлены сланцами серыми до тёмно-серых, серицит-хлорит-кварцевыми, возраст которых датирован как венд-кембрийский. Вскрытая толщина пород фундамента при забое 3308 м составила 268 м.

Тектоника

В тектоническом отношении месторождения Сотчемью-Талыйюской группы поднятий расположены в южной части Ижма-Печорской впадины, в пределах Омра-Лыжской седловины, в центральной части Лемьюской ступени.

Омра-Лыжская седловина является структурой I порядка, разделяет расположенные с востока Верхнепечорскую впадину Предуральского прогиба и с северо-запада Ерсинскую впадину Ижма-Печорской синеклизы. С юго-запада седловина смыкается к Тиманскому кряжу, с севера к Печоро-Колвинскому авлакогену.

Размеры седловины 510 × 100 км, простирание субмеридианное. Наиболее приподнятая часть её приурочена к Омра-Сойвинской ступени на юго-западе.

Лемьюская ступень находится в северной одной из наиболее погружённых частей её.

Локальные структуры, к которым приурочены месторождения нефти Сотчемью-Талыйюской группы, являются по отложениям нижнего фамена брахиантиклинальными структурами облекания ухтинского барьерного рифа, пересекающего северное погружение Лемьюской ступени почти в субширотном направлении. Параллельно ухтинскому барьерному рифу на расстоянии порядка 2–3 км протягивается сирачойский барьерный риф, с которым возможно тоже связаны локальные структуры и нефтеносность фаменных отложений. Положение барьерных рифов хорошо изучено в южной части Омра-Лыжской седловины в пределах Тэбукской и Омра-Сойвинской степеней. Одним из основных условий промышленной нефтеносности структур этой зоны является то, что предрифовый склон барьеров обращён на юг в сторону регионального подъёма слоёв по подстилающим отложениям. Этот склон имеет более крутые углы падения, чем зарифовый, а облегающий нефтеносный.

Нефтегазоносность месторождений

По нефтегазогеологическому районированию исследуемая площадь относится к Верхнелыжско-Лемьюскому нефтегазоносному району Ижма-Печорской нефтегазоносной области.

Промышленная нефтеносность Сотчемьюского и Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождений связана с проницаемыми карбонатными коллекторами пласта Ф0 задонского горизонта нижнефаменского подъяруса.

Продуктивные отложения задонского возраста на изучаемых площадях сформированы в мелководно-шельфовой зоне и с размывом залегают на нижележащих евлановско-ливенских карбонатах. Мощность D3zd составляет от 35 до 90 м.

Основным флюидоупором для пласта Ф0 является низкоомная глинистая пачка в нижней части елецкого горизонта (репер «Г»), являющаяся надёжным каротажным

репером и сложенная глинистыми известняками и мергелями. Толщины пачки пород репера «Г» меняются от 20 до 30 м.

На Сотчемьюском и Восточно-Сотчемью-Талыйюском месторождениях на основе детальной корреляции разрезов всех пробуренных скважин выделены следующие пропластки:

- в пласте $\Phi_0^{1-3} D_3zd_2$ (сверху вниз) – «Красный» («Red»), «Зелёный» («Green») и «Голубой» («Blue»);
- в пласте $\Phi_0^4 D_3zd_2$ – «Чёрный» («Black»).

После проведения дополнительных исследований по результатам изучения фаунистических остатков и СПК, а также данных промысловой геофизики было пересмотрено расположение подошвы задонского горизонта. Она принята значительно ниже по разрезу, чем граница, используемая Заказчиком.

Верхняя граница задонского горизонта проводится в кровле пачки репера «Г», что также подтверждается палинологическими и фаунистическими исследованиями.

Таким образом, более низкое положение подошвы задонского горизонта свидетельствует о том, что возраст всех верхнедевонских карбонатных продуктивных отложений в пределах Сотчемьюского и Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождений соответствует задонскому горизонту нижнефаменского подъяруса.

По результатам разбуривания залежь пласта ($\Phi_0^{1-3} D_3zd_2$) характеризуется как пластовая, сводовая. Пласт представлен пористыми органогенно-обломочными известняками, общей толщиной в пределах 12,8–25,0 м. Покрышкой для него служит 37–40 м пачка глинистых известняков елецкого возраста. В 1996 году при подсчёте запасов ВНК был принят на абсолютной отметке – 1693 м.

В гидрогеологическом отношении Восточно-Сотчемью-Талыйюское месторождение расположено в южной части Ижма-Печорского артезианского бассейна, входящего, в свою очередь, в состав Печорского бассейна в системе Печорских артезианских бассейнов Тимано-Уральской палеозойской складчатой области. На востоке её границами являются хребты Урала и Пай-Хоя, на северо-западе – Тиманский кряж, на юге – наиболее приподнятая часть Ксенофонтовского выступа фундамента, северная граница открыта в акваторию Баренцева моря.

В геологическом строении области участвуют породы от верхнепротерозойских до современных. Промышленная нефтегазоносность связана с отложениями от силура до триаса включительно, а основная – с верхним девонем.

Водоносные комплексы объединены в два гидрогеологических этажа, разделённых кунгурской соленосной толщей. Верхние горизонты восполняют свои ресурсы на выходах пластов на поверхность. Интенсивность водообмена с глубиной постепенно ослабевает, что ведёт к развитию в нижних горизонтах замкнутого режима. В соответствии с этим в целом по бассейну четко прослеживается вертикальная и горизонтальная гидрохимическая зональность с изменением минерализации от ультрапресных гидрокарбонатных кальциевых вод до крепких рассолов хлоридного натриевого состава.

Характеристика эксплуатационного объекта

При обосновании выделения эксплуатационных объектов учитывается ряд факторов:

- геологический фактор, под которым понимается надёжная гидродинамическая изоляция объектов, выбранных для разбуривания самостоятельной сеткой;
- экономический фактор, выделенный объект разработки должен при выбранной плотности сетки скважин обеспечивать рентабельную добычу.

В настоящее время Восточно-Сотчемью-Талыйюское месторождение полностью разбурено в соответствии с проектом разработки, выполненным ЗАО «ИНКОНОКО» в 2018 году.

Промышленная нефтеносность Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения связана с проницаемыми карбонатными коллекторами пластов задонского горизонта нижнефаменского подъяруса, которые характеризуются значительной протяжённостью (до 20 км) при небольшой ширине (до 2,5 км). Толщина пластов довольно выдержанна и изменяется в пределах от 1 до 25 м.

Залегающая между пластами пачка плотных известняков обеспечивает хорошую гидродинамическую изоляцию между ними. В среднем её толщина составляет 10м. Гидродинамическая изоляция подтверждается результатами эксплуатации скважин (разница пластовых давлений между пластами при отборе жидкости из одного пласта, может достигать 80 атм.).

Фильтрационно-емкостные свойства пластов сопоставимы друг с другом (табл. 1). Всё это обуславливает объединение рассматриваемых пластов в один объект разработки. При этом в местах совмещения площади нефтеносности обоих пластов рекомендуется производить дострелы нижнего пласта $\Phi_0^4 D3zd2$ для более полного извлечения запасов.

Таблица 1 – Исходные геолого-физические характеристики эксплуатационных объектов Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения

Параметры пласта	$\Phi_0^{1-3} D3zd2$	$\Phi_0^4 D3zd2$
Средняя глубина залегания, м	1911,63	1926,7
Тип залежи	пластово-сводовый	пластово-сводовый
Тип коллектора	карбонатный	карбонатный
Количество залежей	5	5
Площадь нефтеносности, тыс. м ²	16588	2879
Средняя общая толщина, м	18,582	10,767
Средняя эффективная толщина, м	9,613	5,195
Нефтенасыщенная толщина, средняя по скважинам, м	9,36	3,96
Нефтенасыщенная толщина, средняя по площади, м	8,84	3,84
Пористость, %	0,139	0,117
Проницаемость, мД	388,6	193,3
Нефтенасыщенность (по ГИС), %	0,741	0,678
Песчанистость, доли ед.	0,736	0,751
Коэффициент расчленённости, ед.	3,17	2,26
Пластовая температур, оС	55	57
Пластовое давление, МПа	19,7	19,7
Давление насыщения нефти газом, МПа	6,3	6,3
Вязкость нефти в пластовых условиях, МПа × с	6,93	4,88
Плотность нефти в пластовых условиях, кг/м ³	879	878
Плотность нефти в поверхностных условиях, кг/м ³	849	851
Объёмный коэффициент нефти, доли ед.	1,067	1,072
Содержание серы в нефти, %	1,27	1,25
Содержание парафина в нефти, %	4,95	4,97
Содержание асфальтенов в нефти, %	5,37	5,37
Газосодержание, м ³ /т	27,8	31
Начальные балансовые запасы нефти, тыс. тонн (утверждённые ГКЗ или находящиеся на государственном балансе полезных ископаемых РФ)	14729	365
в том числе по категории В + С1	14729	365
в том числе по категории С ₂	–	–
Начальные извлекаемые запасы нефти, тыс. тонн (утверждённые ГКЗ или находящиеся на государственном балансе полезных ископаемых РФ)	5892	146
в том числе по категории В + С1	5892	146
в том числе по категории С ₂	–	–
Коэффициент извлечения нефти доли ед.	0,15	0,15

Характеристика геологического строения, параметров продуктивных пластов и их неоднородности

В разрезе продуктивных отложений Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения выделено два пласта $\Phi_0^{1-3} D3zd2$ и $\Phi_0^4 D3zd2$ и 10 залежей. Оба пласта имеют единый ВНК, гидродинамически между собой связаны и часто испытаны совместно.

Согласно структурным построениям эти пласты имеют северо-восточное простирание и приурочен к структурам обтекания ухтинского и более древнего сирачойского барьерного рифа.

Пласт $\Phi_0^{1-3} D_3zd_2$ вскрыли 16 поисково-разведочных и 35 эксплуатационных скважин. Сложен он сгустково-комковатыми, водорослевыми, органогенно-детритовыми, органогенно-обломочными и частично перекристаллизованными, глинистыми, неравномерно доломитизированными, стиллолитизированными известняками. Нефтенасыщенные коллектора вскрыты на отметках от – 1656,6 м до – 1683,0 м.

Эффективные толщины пласта $\Phi_0^{1-3} D_3zd_2$ изменяются от 12,4 м в центре залежи до 8,0 м на склоне залежи.

ВНК залежи условно принят на отметке – 1693 м.

Пласт $\Phi_0^4 D_3zd_2$ вскрыт 16 поисково-разведочными и 27 эксплуатационными скважинами.

Сложен он органогенно-детритовыми, водорослевыми известняками и органогенно-обломочными, частично перекристаллизованными, неравномерно доломитизированными, стиллолитизированными, выщелоченными, пористо-кавернозными породами, накопление которых происходило в мелководно-шельфовых условиях, прибрежных отмелей, и шельфовых лагун.

Общая толщина пласта изменяется от 17,7 м до 5,6 м, эффективная толщина пласта от 10,8 м до 1,7 м, нефтенасыщенная толщина от 7,4 м до 1,4 м. В пределах пласта выделено 5 залежей.

Эффективные толщины пласта $\Phi_0^4 D_3zd_2$ изменяются от 8,6 до 2,0 м.

ВНК залежи принят на отметке – 1693 м.

Таблица 2 – Характеристика толщин продуктивных пластов Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения

Толщина	Наименование	Пласт $\Phi_0^{1-3} D_3zd_2$	Пласт $\Phi_0^4 D_3zd_2$
Общая	Среднее значение	18,582	10,767
	Коэффициент вариации, доли ед.	0,233	0,252
	Интервал изменения		
	от	29	17,7
	до	8,9	5,6
Эффективная	Среднее значение	9,613	5,195
	Коэффициент вариации, доли ед.	0,386	0,522
	Интервал изменения		
	от	17,2	10,8
	до	1,6	1,4
Нефтенасыщенная	Среднее значение	9,36	3,96
	Коэффициент вариации, доли ед.	0,389	0,469
	Интервал изменения		
	от	17,2	7,4
	до	1,6	1,4
Непроницаемых разделов	Среднее значение	8,749	6,176
	Коэффициент вариации, доли ед.	0,52	0,468
	Интервал изменения		
	от	24	12,4
	до	0,9	0,6

Режим залежи

Энергетический потенциал залежей определяется начальным пластовым давлением, приведённым к плоскостям ВНК. Величина начального давления залежей немалого превышает условное гидростатическое, но является достаточной для обеспечения фонтанирования скважин нефтью.

Замерами текущего пластового давления в эксплуатирующихся скважинах в разные годы было охвачено от 10 до 60 %, в частности, в 2001 году – 22 %. По данным

2001 года текущее среднее пластовое давление (18,6 МПа) составило 95 % от начального уровня (19,6 МПа).

Высокая продуктивность вод, как в контуре, так и за контуром нефтеносности, сохраняющееся постоянство среднего пластового давления при длительном периоде эксплуатации и хорошее ФЕС коллекторов, особенно в районе расположения высокопродуктивных скважин, обуславливают существование при разработке залежей естественного упруговодонапорного режима.

Физико-химические свойства нефти, газа и пластовой воды

Нефти Восточно-Сотчемью-Тальийюского месторождения относятся к категории утяжелённых, средневязких, парафинистых, смолистых, сернистых.

Результаты исследований по глубинным пробам, отобраным в разведочных скважинах, представлены в таблицах 3–5. Эти исследования характеризуют начальные условия разработки месторождений. Сопоставление характеристик флюидов показывает отсутствие каких-либо существенных изменений в их свойствах. В целом параметры нефти и газа, используемые при подсчёте запасов сохранились на уровне близком к утверждённым ЦКЗ по состоянию на 01.01.2019 г.

Таблица 3 – Физико-химические свойства нефти (поверхностные условия)

Параметр	Единицы измерения	Восточно-Сотчемью-Тальийюское месторождение
Плотность	т/м ³	0,880
Вязкость	мм ² /с	26,84
Выход бензиновых фракций	% масс.	20
Выход керосиногазойлевых фракций	% масс.	21
Содержание парафина	% масс.	4,8
Содержание смолы	% масс.	8,8
Содержание асфальтенов	% масс.	6,3
Содержание серы	% масс.	1,21

Таблица 4 – Физико-химические свойства нефти и растворённого газа

Параметры	Средние значения Восточно-Сотчемью-Тальийюского месторождения
Давление насыщения нефти газом, МПа	8,21
Газосодержание, м ³ /т	29,45
Объёмный коэффициент, ед.	1,079
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа × с	5,46
Вязкость в поверхностных условиях, мПа × с	27,62
Плотность нефти в поверхностных условиях, кг/м ³	0,88
Плотность газа, кг/м ³	1,303

Таблица 5 – Характеристика пластовой воды

Параметр	скважина № 25	скважина № 31	скважина № 23
Плотность, г/см ³	1,1429	1,1420	1,1437
Общая минерализация, г/л	206,11	204,6	210,8
Газосодержание, м ³ /т	–	0,77	–

Основные этапы проектирования разработки месторождения

Первая технологическая схема разработки месторождения была составлена институтом «ПечорНИПИнефть» в 1992–1993 гг. и утверждена ЦКР в сентябре 1993 года в качестве проекта опытно-промышленных работ на период 1993–1996 гг.

В 1996 году институт «ПечорНИПИнефть» составил уточнённую технологическую схему разработки, рассмотренную и утверждённую в 1997 году (протокол ЦКР № 2141 от 17.04.97 г.).

В 1998 году выполнен «Анализ разработки и уточнение технологических показателей разработки месторождений ЗАО «Печоранефтегаз» (исполнитель – ООО НТП

«Прогресс-5»). Работа была выполнена с целью анализа состояния разработки месторождений и уточнения технологических показателей на период действия лицензий с учетом сложившейся экономической ситуации.

В 2016 году на базе пересчёта запасов нефти и растворённого газа Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения был разработан «Проект разработки Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения». После рассмотрения на ЦКР согласованы проектные показатели на 2017–2019 гг. ЦКР обязала ЗАО «Печоранефтегаз» в 2017–2019 гг. создать постоянно-действующую геолого-технологическую модель месторождения, пересчитать запасы углеводородного сырья и составить новый проектный документ на разработку.

К 2018 году с начала разработки на месторождении пробурено 40 проектных скважин, или 90,3 % основного проектного фонда, т.е. проектный фонд в значительной степени разбурен. Для полного формирования проектного фонда осталось ввести скважину № 237 (которая пробурена в 2018 году и находится в стадии освоения).

В течение 2017 года были введены в работу 8 новых скважин. По одному из параметров, определяющих продуктивность – нефтенасыщенной толщине – ожидаемая продуктивность новых скважин соответствует фактической. Освоение новых скважин произведено с проведением гидродинамических исследований пласта, что позволяет объективно ценить добывные возможности скважин. Основной способ эксплуатации скважин на конец года – механизированный. Доля механизированных скважин в годовой добыче составляет 90,2 %.

Увеличение фонда скважин отразилось в увеличении темпов отборов из пласта жидкости и нефти. Годовая добыча нефти в 2017 году увеличилась по сравнению с предыдущим годом на 23,3 тыс. тонн или на 10,4 %. Увеличение отборов нефти целиком обусловлено увеличением фонда скважин, т.е. количеством отработанного времени, а также за счёт увеличения дебита нефти и жидкости.

Значительное превышение величины среднегодовой обводнённости (67,1 %) над степенью использования НИЗ (36,4 %) отражает невысокую вовлечённость запасов в активную разработку. Как показывают промысловые характеристики вытеснения, к настоящему времени дренируются запасы величиной 2,5–3,1 млн тонн, что существенно ниже величины извлекаемых запасов, числящихся на Госбалансе (6,038 млн тонн). Основной причиной такого состояния с выработкой запасов следует, на наш взгляд, считать низкий охват разработкой по площади.

Вовлечение в разработку неработающих запасов за счёт площадной составляющей следует осуществлять добуриванием проектных скважин, бурением уплотняющих скважин резервного фонда и боковых стволов в имеющихся скважинах. На недостаточность скважин указывает и величина удельных текущих запасов на скважину – 91,4 тыс. тонн, что для залежей с такими коллекторами является большой величиной. Локализация остаточных и слабоактивных запасов может быть проведена известными приближенными методами оценки вовлечённых в разработку запасов, а главным образом – созданием детальной геолого-фильтрационной модели залежи. Следует отметить, что в настоящий момент ведутся работы по созданию постоянно действующей геолого-фильтрационной модели. Положение с выработкой запасов по разрезу несколько лучше, т.к. ПГИ по контролю за разработкой, проводимые в предыдущем году, показали, что все перфорированные пласты вовлекаются в разработку, кроме скважин, введённых в данном году, где не проводилось ни одного исследования по контролю за разработкой, поэтому объективно судить о выработке запасов из новых скважин затруднительно, как и выдача рекомендаций.

Основным отрицательным моментом в этом компоненте охвата разработкой является отмеченный выше опережающий рост обводнения.

Динамика добычи нефти, степень разбуренности месторождения и использование его запасов указывают на вторую стадию разработки залежи, характеризующуюся высокими показателями годовой добычи нефти.

С целью снижения темпов падения добычи нефти в 2019 году проведено значительное количество ГТМ (13 видов) по действующему фонду, а также ГТМ при вводе в эксплуатацию новых скважин.

Дополнительная добыча нефти по скважинам действующего фонда за счёт ГТМ составила 12,573 тыс., по новым скважинам только за счёт ГТМ 2,523 тыс. тонн, в целом 15,09 тыс. тонн или 6,4 % от общей добычи нефти. Добыча нефти из новых скважин составила 55,9 тыс. тонн, это 22,6 % от общей добычи, значит всего за счёт мероприятий, включая и ввод новых скважин, получено 71 тыс. тонн нефти (28,7 % от общей добычи по месторождению).

Характеристика текущего состояния разработки

Восточно-Сотчемью-Талыйюское месторождение введено в промышленную разработку с 1990 года. Весь период разработки месторождения составляет 16 лет. Промышленная нефтеносность месторождения приурочена к пластам $\Phi_0^{1-3} D_3zd_2$ и $\Phi_0^4 D_3zd_2$, относящимся к Девонской системе, фаменскому ярусу, задонскому горизонту (D_3zd).

Пласт $\Phi_0^{1-3} D_3zd_2$ включает в себя 5 залежей с категориями запасов В, С₁ и С₂.

Пласт $\Phi_0^4 D_3zd_2$ включает в себя 5 залежей с категориями запасов С₁ и С₂. Анализ текущего состояния разработки месторождения проведён по месторождению в целом. Динамика основных технологических показателей разработки проанализирована по двум стадиям, которые выделяются в общем периоде эксплуатации объекта.

Разработка ведётся на естественном упруговодонапорном режиме. Пластовое давление на протяжении всех стадий разработки сохраняет постоянство.

Для стабилизации добычи нефти на месторождении необходимо продолжить разбуривание, совершенствовать сложившуюся систему разработки, продолжить применение методов интенсификации добычи нефти и проведение мероприятий по сдерживанию темпов обводнения залежи.

Анализ структуры фонда скважин

Добыча нефти на месторождении началась в 1990 году с вводом в эксплуатацию разведочных скважин. С 1993 года осуществляется бурение эксплуатационного фонда скважин. За этот период фактические объёмы эксплуатационного бурения составляли от 4 до 9 тыс. м в год, максимальный объём эксплуатационного бурения, равный 9,2 тыс. м, отмечался в 1994 году. Последующий период разработки характеризуется отставанием фактических темпов бурения от проектных, связанным, в основном, с отставанием обустройства месторождения.

Наиболее заметно отставание в 1995 и 1996 гг. – фактические объёмы ниже проектных соответственно в 2,5 и 4,6 раза; в 1998 году фактические объёмы ниже проектных в 2 раза. С 1999 года ситуация улучшилась – на месторождении проведены многочисленные работы по обустройству промысла. Построены новые дороги, введена в эксплуатацию установка по подготовке нефти (УПН), проведено много километров линий электропередач и т.д.

С начала разработки на месторождении пробурено 40 проектных скважин, или 90,3 % основного проектного фонда, т.е. проектный фонд в значительной степени разбурен. Наибольшее количество скважин бездействующего фонда отмечалось в 2013–2015 гг. – коэффициент использования скважин на тот период составлял 0,5–0,7. Скважины простаивали, в основном, в ожидании капремонта по изоляции чуждых вод и перевода на механическую добычу.

После проведения работ по восстановлению простаивающего фонда количество бездействующих скважин сократилось с 42 % (декабрь 2013 года) до 18 % (2015 год).

По одному из параметров, определяющих продуктивность – нефтенасыщенной толщине – ожидаемая продуктивность новых скважин соответствует фактической. Освоение новых скважин произведено с проведением гидродинамических исследований пласта, что позволяет объективно оценить добывные возможности пласта и скважин.

Таблица 6 – Характеристика фонда скважин

Наименование	Категория скважин	Количество скважин
Фонд добывающих скважин	Пробурено (проектных)	49 (40)
	В том числе:	
	действующие	37
	ЭЦН	35
	фонтан	2
	бездействующие	5
	освоение	
	в консервации	
	в ожидании ликвидации	2
ликвидированные после бурения	3	
контрольные	2	

В 2005 года среднегодовой фонд добывающих скважин увеличился по сравнению с предыдущим годом на 16,9 % и составил 31,8 ед. Коэффициент использования эксплуатационного фонда составил 0,852 против 0,818 в 2018 году.

Эксплуатация скважин действующего фонда проводится достаточно интенсивно: коэффициент эксплуатации составил 0,996.

Вывод: Увеличение отборов нефти целиком обусловлено увеличением фонда скважин, т.е. количеством отработанного времени, а также за счёт увеличения дебита нефти и жидкости. Негативным фактором является повышение обводнённости в скважинах.

Возможными путями сдерживания темпов обводнения залежи могут быть:

- мероприятия по приведению в порядок технического состояния скважин (или забуривания в них вторых стволов, в том числе и горизонтальных);
- организация циклического режима работы высокообводнённых скважин;
- сохранение режима ограничения рабочих депрессий и, соответственно, дебитов скважин по жидкости.

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. 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.
3. Варламов П.С. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
4. Климов В.В. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях / В.В. Климов, О.В. Савенок, Н.М. Лешкович. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 274 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. Ладенко А.А. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
7. Попов В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах : учеб. пособие / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2017. – 326 с.
8. Попов В.В. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
9. Савенок О.В. Интерпретация результатов гидродинамических исследований : учеб. пособие / О.В. Савенок, А.С. Арутюнян, С.В. Шальская. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2017. – 203 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. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.

12. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М.; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
13. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений : учеб. пособие : в 2 ч. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
14. Березовский Д.А. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений / Д.А. Березовский [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33-50.
15. Березовский Д.А. Закономерности и изменения свойств нефти и газа в залежах и месторождениях / Д.А. Березовский, О.В. Савенок, Г.В. Кусов // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 1. – С. 114–119.
16. Григулецкий В.Г. Обводнение месторождений – коренной вопрос современности российской нефтегазовой отрасли / В.Г. Григулецкий // Технологии топливно-энергетического комплекса. – 2007. – № 2. – С. 35–40.
17. Григулецкий В.Г. Обводнение месторождений – коренной вопрос современности российского нефтегазового дела / В.Г. Григулецкий // Нефть, газ и бизнес. – 2007. – № 5. – С. 19–28.
18. Кобрунов А.И. Оценка достоверности подсчёта запасов углеводородов Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения на основе метода нечётких петрофизических композиций / А.И. Кобрунов, В.Е. Кулешов, А.С. Могутов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т. 7. – № 1. – С. 17.
19. Комаров А.Г. Исследование анизотропии физических и коллекторских свойств горных пород / А.Г. Комаров [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 201–204.
20. Симонян Г.С. Породы коллекторов нефти / Г.С. Симонян // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 86–88.
21. Черницкий А.В. Обоснование нижних пределов пористости и проницаемости карбонатных коллекторов (на примере пласта Ф0 Восточно-Сотчемью-Талыйюского нефтяного месторождения, Республика Коми) / А.В. Черницкий, В.В. Кузнецов, Б.П. Вайнерман // Геология нефти и газа. – 1996. – № 12. – С. 14–18.
22. Шустер В.Л. Критерии прогноза, выявления и поисков скоплений нефти и газа, приуроченных к неантиклинальным ловушкам / В.Л. Шустер // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 113–114.

References

1. Bulatov A.I. Overhaul of oil and gas wells : in 4 vol. / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2012–2015. – Vol. 1–4.
2. Bulatov A.I. Scientific foundations and practice of oil and gas well development / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremiychuk. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2016. – 576 p.
3. Varlamov P.S. Reservoir testing equipment for hydrodynamic studies of oil and gas well formations / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa polygraph plant, 2004. – 620 p.
4. Klimov V.V. Fundamentals of geophysical research in the construction and operation of wells at oil and gas fields / V.V. Klimov, O.V. Savenok, N.M. Leshkovich. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2016. – 274 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. Ladenko A.A. Geophysical studies of wells at oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
7. Popov V.V. Geophysical research and work in wells : textbook / V.V. Popov [et al.]. – Novochoerkassk : Publishing house «Lik», 2017. – 326 p.
8. Popov V.V. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novochoerkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
9. Savenok O.V. Interpretation of the results of hydrodynamic studies : textbook / O.V. Savenok, A.S. Harutyunyan, S.V. Shalskaya. – Krasnodar: Ed. FSBOU VO KubSTU, 2017. – 203 p.
10. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar: Ed. FSBOU VO KubSTU, 2019. – 275 p.
11. 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.
12. Savenok O.V. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells : monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M.; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
13. Savenok O.V. Oil field development design : textbook : in 2 vol. – Ukhta : Publishing House of Ukhta State Technical University, 2021.

14. Berezovsky D.A. Technologies and principles of development of multi-layer deposits / D.A. Berezovsky [et al.] // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
15. Berezovsky D.A. Patterns and changes in the properties of oil and gas in deposits and fields / D.A. Berezovsky, O.V. Savenok, G.V. Kusov // Bulatovsky readings. – 2019. – Vol. 1. – P. 114–119.
16. Griguletsky V.G. The watering down of the fields is a fundamental issue of the modernity of the Russian oil and gas industry / V.G. Griguletsky // Technologies of the fuel and energy complex. – 2007. – № 2. – P. 35–40.
17. Griguletsky V.G. The watering down of the fields is a fundamental issue of the modernity of the Russian oil and gas business / V.G. Griguletsky // Oil, gas and business. – 2007. – № 5. – P. 19–28.
18. Kobrunov A.I. Assessment of reliability of calculation of hydrocarbon reserves of the East Sotchemyu-Talyuskoye field based on the method of fuzzy petrophysical compositions / A.I. Kobrunov, V.E. Kuleshov, A.S. Mogutov // Oil and gas geology. Theory and practice. – 2012. – Vol. 7. – № 1. – P. 17.
19. Komarov A.G. Study of anisotropy of physical and collector properties of mountain species / A.G. Komarov [et al.] // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 201–204.
20. Simonyan G.S. Rocks of oil collectors/G.S. Simonyan//Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 86–88.
21. Chernitsky A.V. Substantiation of the lower limits of the porosity and permeability of carbonate reservoirs (using the example of the formation F0 Vostochno-Sotchemyu-Talyyu oil place-birth, Komi Republic) / A.V. Chernitsky, V.V. Kuznetsov, B.P. Weinerman // Geology of oil and gas. – 1996. – № 12. – P. 14–18.
22. Schuster V.L. Criteria for forecasting, identifying and searching for accumulations of oil and gas confined to non-anticlinal traps / V.L. Schuster // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 113–114.

УДК 622.276.63

**АНАЛИЗ ПРОВЕДЕНИЯ
СОЛЯНОКИСЛОТНОЙ ОБРАБОТКИ СКВАЖИН
ВОСТОЧНО-СОТЧЕМЬЮ-ТАЛЫЙЮСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**
◆◆◆◆
**ANALYSIS OF CARRYING OUT HYDROCHLORIC
ACID TREATMENT OF WELLS
OF THE VOSTOCHNO-SOTCHEM'YU-TALYYYUSKOE FIELD**

Горшарук Алёна Петровна

студент направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный
технический университет»
aloyna1993@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 описан проект солянокислотной обработки скважины Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения. Приведены факторы, ухудшающие коллекторские свойства пласта и действие различных соединений при солянокислотной обработке. Рассмотрены особенности концентрированной соляной кислоты; химические реагенты, применяемые при солянокислотных обработках; порядок приготовления рабочего раствора соляной кислоты. Описана технология проведения солянокислотной обработки и техника, применяемая при СКО. Выполнен расчёт требуемого количества кислоты и концентрации для проведения СКО; описан порядок приготовления кислотного раствора и обработки скважины.

Ключевые слова: солянокислотная обработка скважины; обзор существующих методов интенсификации добычи нефти; методы обработки призабойной зоны скважины; технология проведения стандартной СКО; оборудование, применяемое при проведении СКО; методика расчёта солянокислотной обработки; расчёт параметров СКО.

Gorshcharuk Aloyna Petrovna

Student Training Direction
21.03.01 «Oil and Gas Engineering»
Ukhta State Technical University

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 describes the project of hydrochloric acid treatment of the well of the Vostochno-Sotchem'yu-Talyyuskoe field. The factors that worsen the reservoir properties of the formation and the effect of various compounds during hydrochloric acid treatment are presented. The features of concentrated hydrochloric acid are considered; chemical reagents used in hydrochloric acid treatments; the procedure for preparing a working solution of hydrochloric acid. The technology of carrying out hydrochloric acid treatment and the technique used in hydrochloric acid treatment are described. The calculation of the required amount of acid and concentration for the hydrochloric acid treatment has been carried out; the procedure for preparing an acid solution and treating a well is described.

Keywords: hydrochloric acid treatment of the well; review of existing methods of oil production intensification; methods of treatment of the bottomhole zone of the well; technology of carrying out the standard hydrochloric acid treatment; equipment used in the hydrochloric acid treatment; method for calculating hydrochloric acid treatment; calculation of hydrochloric acid treatment parameters.

Ф факторы, ухудшающие коллекторские свойства пласта и действие различных соединений при солянокислотной обработке

Основная причина низкой продуктивности скважин наряду с плохой естественной проницаемостью пласта и некачественной перфорацией – снижение проницаемости призабойной зоны пласта.

Призабойной зоной пласта называется область пласта вокруг ствола скважины, подверженная наиболее интенсивному воздействию различных процессов, сопровождающих строительство скважины и её последующую среду и нарушающих первоначальное равновесное механическое и физико-химическое состояние пласта.

Само бурение вносит изменение в распределение внутренних напряжений в окружающей забой породе. Снижение продуктивности скважин при бурении происходит также в результате проникновения раствора или его фильтрата в призабойную зону пласта. При взаимодействии фильтрата с пластовой минерализованной водой может происходить образование нерастворимых солей и выпадение их в осадок, набухание глинистого цемента и закупоривание стойких эмульсий, и снижение фазовой проницаемости скважин. Может быть и не качественная перфорация вследствие применения маломощных перфораторов, особенно в глубоких скважинах, где эмульсия взрыва зарядов поглощается энергией больших гидростатических давлений.

Снижение проницаемости призабойной зоны пласта происходит при эксплуатации скважин, сопровождающейся нарушением термобарического равновесия в пластовой системе и выделением из нефти свободного газа, парафина и асфальтосмолистых веществ, закупоривающих паровое пространство коллектора.

Интенсивное загрязнение призабойной зоны пласта отмечается и в результате проникновения рабочих жидкостей при проведении в скважинах различных ремонтных работ. Приёмистость нагнетательных скважин ухудшается вследствие закупорки порового пространства нефтепродуктами, содержащимися в закачиваемой воде. В результате проникновения подобных процессов возрастают сопротивление фильтрации жидкости и газа, снижаются дебиты скважин и возникает необходимость в искусственном воздействии на призабойную зону пласта с целью повышения продуктивности скважин и улучшения их гидродинамической связи с пластом.

Солянокислотная обработка

Известно много методов кислотного воздействия, которые основаны на способности некоторых кислот растворять горные породы или цементирующий материал. Применение таких кислот связано с:

- обработкой ПЗС в залежах с карбонатными коллекторами;
- обработкой ПЗС в залежах с терригенным коллекторами;
- растворением глинистых или цементных частиц, попавших в ПЗС в процессе бурения и цементирования скважины;
- растворением выпавших в призабойной зоне скважины солей.

Различают следующие разновидности кислотных обработок:

- 1) кислотные ванны;
- 2) простые кислотные обработки;
- 3) кислотные обработки под давлением;
- 4) термокислотные обработки и др.

Солянокислотная обработка является эффективным методом увеличения проницаемости призабойной зоны, особенно в тех случаях, когда породы представлены карбонатными отложениями. При проектировании технологии проведения обработки должны исходить, прежде всего, из размера зоны пласта, подлежащей обработке, с учётом возможности обеспечения последовательного увеличения радиуса этой зоны. Эффективность обработки связана как с количественным растворением карбонатных минералов пласта, так и с формированием каналов (трещин), глубоко проникающих в пласт. Солянокислотная обработка может применяться в скважинах, эксплуатирующая карбонатные, трещинно-поровые пласты любой толщины. Так как карбонатный коллектор в основном состоит из кальцита, доломита, сидерита, т.е. солей угольной кислоты, то при взаимодействии с соляной кислотой образуется углекислый газ (CO_2). Он оказывает положительное влияние на эффективность разработки, т.к. обладает хорошими нефтевытесняющими свойствами. Объектами обработок могут быть некачественно освоенные (после бурения или капитального ремонта) скважины и скважины, существенно снизившие дебит в процессе эксплуатации. Обработки назначаются по определению текущего и конвенционального коэффициентов продуктивности. Для проведения соляной обработки нагнетательных скважин следует выбирать скважины, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- 1) приёмистость скважины более $500 \text{ м}^3/\text{сут.}$ и со временем снижения до $100 \text{ м}^3/\text{сут.}$ и ниже;

2) устьева арматура и эксплуатационная колонна должны быть герметичными.

Эта обработка ПЗС основана на способности соляной кислоты растворять карбонатные породы по следующим реакциям:
с известняками:



с доломитами:



Продукты реакции хорошо растворимы в воде и сравнительно легко удаляются из призабойной зоны при вызове притока и освоении. Реакция начинается со стенки скважины, но особенно эффективна в поровых каналах. Установлено, что при этом диаметр скважин не увеличивается, а расширяются только поровые каналы, приобретая форму узких и длинных каверн. Основное назначение обычной солянокислотной обработки заключается в закачке кислоты в пласт (разветвленная система микротрещин и капиллярных каналов (пор) в ПЗС), по возможности, на значительном расстоянии от стенки скважины с целью расширения размеров микротрещин и каналов, улучшения и сообщаемости между собой, что увеличивает проницаемость системы и дебит (приёмистость) скважины.

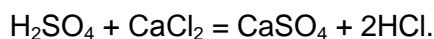
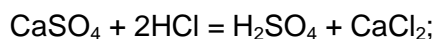
Глубина проникновения кислоты в пласт зависит от скорости реакции. В свою очередь, скорости реакции зависит от вещественного (химического) состава породы, удельного объёма кислотного раствора (м/м^2 поверхности породы), от температуры, давления и концентрации кислоты (кислотного раствора). Скорость реакции кислоты (кислотного раствора) характеризуется временем её нейтрализации при взаимодействии с породой и зависит от температуры следующим образом: в зависимости от вещественного состава карбонатной породы скорость реакции возрастает от 1,5 до 8 раз при повышении температуры от 20 до 60 °С. При этом изменение концентрации кислотного раствора от 5 до 15 % HCl не оказывает практического влияния на скорость реакции даже при температуре 60 °С. Для обработки ПЗС используются, как правило, кислотный раствор с концентрацией 8–15 % в зависимости от вещественного состава пласта. При низких концентрациях раствора глубина его проникновения в пласт увеличивается, но при этом возрастают потребные объёмы кислотного раствора, что в определённой степени осложняет процесс освоения скважин после СКО из-за большого количества продуктов реакции. Применение высококонцентрированных растворов HCl приводит к образованию насыщенных с повышенной вязкостью растворов CaCl_2 и MgCl_2 , которые трудно извлекаются из пласта при освоении. Кроме того, существенно возрастает коррозия оборудования и труб. С другой стороны, кислотный раствор с концентрацией более 15 % HCl хорошо растворяют гипс и ангидрит, образуя твердый осадок, выпадающий в ПЗС и снижая её проницаемость. Обычно высококонцентрированные растворы HCl можно применять при охлаждении их, например, жидким азотом, что способствует увеличению глубины и проникновения в пласт.

Повышение давления приводит к снижению скорости реакции. Экспериментально установлено, что время нейтрализации 75 % объёма кислотного раствора увеличивается в 7–10 раз при повышении давления с 0,1 МПа до 0,7 МПа; при увеличении давления то 0,7 до 1 МПа время нейтрализации увеличивается в 30–35 раз, а при увеличении давления с 2 до 6 МПа скорость реакции снижается в 70 раз.

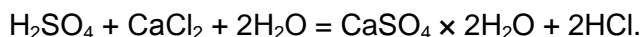
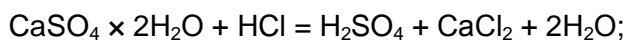
Особенности концентрированной соляной кислоты

Концентрированная соляная кислота содержит 27,5–31 % HCl. Как правило, концентрированная кислота не используется для обычных СКО, т.к. она чрезвычайно активна по отношению к металлам и вызывает их интенсивную коррозию. Кроме того, концентрированная соляная кислота растворяет содержащийся в карбонатных породах ангидрит (CaSO_4) и гипс ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) по следующим реакциям:

1. Ангидрит:



2. Гипс:



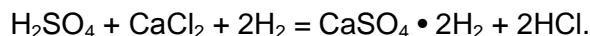
Таким образом, ангидрит и гипс, содержащиеся в скелете породы, после взаимодействия с концентрированной HCl выпадают в осадок в поровом пространстве, снижая проницаемость ПЗС вплоть до её закупорки. Именно поэтому для проведения СКО необходимо применять кислотные растворы, концентрация которых была бы такой, чтобы предотвратить интенсивную коррозию металлов и растворение из скелета породы ангидрита и гипса, но в то же время, чтобы они хорошо растворяли карбонатные породы. Рациональной считается концентрация кислотных растворов от 6 до 15 %.

Полученные в результате реакции хлористый кальций CaCl_2 и хлористый магний MgCl_2 хорошо растворяются в воде и легко удаляются из ПЗП вместе с продукцией скважины; в пласте образуются новые пустоты и каналы.

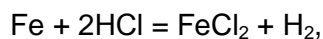
Обычно применяют соляную кислоту 8–15 %-ной концентрации. Применение большей концентрации не рекомендуется из-за сильной коррозии и возможности растворения гипса с последующим закупориванием пласта.

По условиям производства соляной кислоты в концентрированной кислоте содержатся определённые примеси, способные при реакции с карбонатными породами (продуктами основной реакции) давать твёрдые осадки. К таким примесям относятся:

1. Серная кислота H_2SO_4 , которая, взаимодействуя с продуктами основной реакции, образует гипс, выпадающий в осадок:

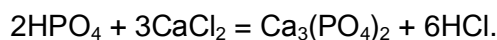
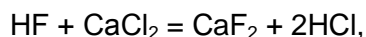


2. Хлорное железо FeCl_3 :



FeCl_2 преобразуется в FeCl_3 , выпадающий в осадок.

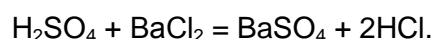
3. Фтористый водород и фосфорная кислота, образующие с продуктами основной реакции нерастворимые осадки фтористого кальция (CaF_2) и фосфорнокислого кальция ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$):



Исходя из вышеизложенного, для получения качественного раствора соляной кислоты необходимо использовать специальные химические реагенты, устраняющие из соляной кислоты вредные примеси.

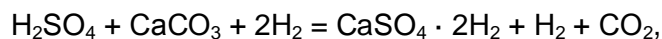
Химические реагенты, применяемые при солянокислотных обработках

1. Выделение H_2SO_4 осуществляется при приготовлении кислотного раствора. Обычно доводят концентрацию концентрированной соляной кислоты до 15 %, затем добавляют хлористый барий BaCl_2 (в концентрированной кислоте хлористый барий плохо растворим):



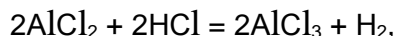
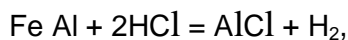
После реакции кислотный раствор отстаивается, а осадок BaSO_4 удаляется.

В противном случае:



т.е. призабойная зона скважины в процессе СКО может быть закупорена гипсом и ангидритом.

2. Соляная кислота хорошо реагирует с алюминием Al и железом:

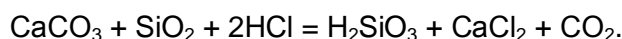


т.е. AlCl_3 после нейтрализации HCl выпадает в осадок, $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$, $2\text{FeCl}_2 + 2\text{HCl} = 2\text{FeCl}_3 + \text{H}_2$, т.е. FeCl_3 выпадает в осадок после нейтрализации HCl .

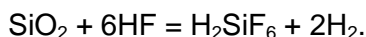
Количество осадка в ПЗС при проведении СКО может быть достаточно большим, что снижает проницаемость ПЗС. По этим причинам раствор соляной кислоты должен обрабатываться специальным химическим реагентами.

К этим реагентам относятся:

Стабилизаторы – водорастворимые вещества, стабилизирующие свойства кислотного раствора. С целью предотвращения выпадения или удаления солей Al и Fe используют, как правило, уксусную кислоту (CH_3COOH). Соли железа и алюминия образуют устойчивые соединения, удерживаемые в растворе. При этом снижается скорость реакции кислотного раствора. Добавка уксусной кислоты изменяется от 0,8 до 2 % от объёма кислотного раствора. Наличие в породе кремния Si при реакции с HCl может вызвать образование гелей кремниевой кислоты (H_2SiO_3), закупоривающих ПЗС:



С целью предотвращения образования гелей кремниевой кислоты используют фтористо-водородную кислоту HF , которая полностью растворяет Si:



H_2SiF_6 остаётся в растворённом соединении и не образует осадка. Добавка HF изменяется от 1 до 2 % от объёма кислотного раствора.

Ингибиторы – водорастворимые вещества, понижающие коррозионную активность HCl . В качестве ингибиторов используют:

- формалин (до 1 %) – снижает коррозионную активность в 7–8 раз.

Формалин представляет собой 40 %-ный раствор формальдегида (CH_2) в воде. Формалин не влияет на скорость реакции;

- уникол ПБ-5 (0,05–0,1 %) – снижает коррозионную активность в 10–15 раз.

Растворяется только в растворе HCl , не растворяется в воде;

- реагент И-1-А (до 0,4 %) в смеси с уротропином (до 0,8 %) используется при высоких давлениях $P_{пл}$ и температур $T_{пл}$. При температуре 87 °С и давлении 38 МПа снижает коррозионную активность в 90 раз;

- УФЗ8 – ингибирующее действие выше, чем у формалина, но ниже, чем у уникола ПБ-5;

- ДС (до 0,5 %) – снижает скорость коррозии до 3 раз (нефтяной продукт на основе серы или натрия).

Кроме того, в качестве ингибиторов используют катапин-А, реагент В-2, карбозолин-О, реагент «Север-1».

Интенсификаторы – вещества, обеспечивающие удаление продуктов реакции из призабойной зоны скважины (поверхностно-активные вещества – ПАВ). ПАВ снижают межфазное натяжение, способствуют выносу воды и отмыву нефти с поверхности горной породы. В качестве интенсификаторов используются также спирты, сульфокислоты, МЛ-72, ОП-10, марвелан К(О), реагент 4411, тержитол, катапин-А и др.

Порядок приготовления рабочего раствора соляной кислоты

Порядок приготовления раствора HCl : вода – ингибиторы – стабилизаторы – концентрированная соляная кислота – хлористый барий – интенсификаторы. Раствор перемешивается, отстаивается в течение 2–3 часов, фильтруется, после чего готов к употреблению. Приготовление кислотного раствора производится на специальной кислотной базе.

Выбор рецептуры кислотного раствора осуществляют с учётом химического и минералогического состава пород, их фильтрационно-ёмкостных свойств, химического состава и свойств пластовых флюидов, пластовой температуры, причин загрязнения призабойной зоны. Продукты реакции соляной кислоты с карбонатами – двухлористый кальций (CaCl_2) и двухлористый магний (MgCl_2) хорошо растворяются в воде. Эти продукты вместе с остатками прореагировавшей кислоты извлекаются на поверхность при промывке скважины. Углекислый газ (CO_2) в зависимости от давления выделяется в виде свободного газа или растворяется. В результате реакции соляной кислоты с карбонатными породами и вымыванием продуктов реакции в призабойной зоне пласта образуют поровые каналы большого сечения, что ведёт к увеличению проницаемости призабойной зоны пласта, а, следовательно, и производительности (приёмности) скважин. Концентрированную соляную кислоту разводят до заданного для рабочего раствора содержания HCl на месте её хранения (кислотная база) или непосредственно у скважины перед её обработкой.

Таблица 1 – Рецептура кислотных растворов для обработки скважин в карбонатных коллекторах

Особенности коллектора	Рецептура
Пластовая температура до 60 °С	HCl , 10–16 % + ингибитор
Слабопроницаемый коллектор, загрязнённый минеральной взвесью	HCl , 10–16 % + ингибитор + ПАВ, 0,025–0,1 % (гидрофобизатор для добывающих скважин, гидрофилизатор для нагнетательных скважин)
Железосодержащий коллектор	HCl , 10–16 % + ингибитор + ПАВ, 0,025–0,1 % (гидрофобизатор для добывающих скважин, гидрофилизатор для нагнетательных скважин) + 3-5 % уксусной или лимонной кислоты
Сульфатосодержащий коллектор	HCl , 10–16 % + ингибитор + NaCl , 6–7 % + CaCl_2 , 5–10 % + K_2SO_4 , 3–4 %
Ангидридные породы	HCl , 10–16 % + ингибитор + KNO_3 , 6–10 %
Необсаженные продуктивные пласты. Температура 239–329 °F	HCl , 25–35 % + ингибитор + ПАВ, 0,05–0,15 %
Поровые и порово-трещинные коллекторы	Составы по п. 1–6, газированные азотом или углекислым газом или воздухом
Трещиноватые и трещиновато-кавернозные коллектора	Кислотная пена: HCl , 15–20 % + ПАВ, 0,1–0,5 % + стабилизатор КМЦ, 1,5 %. Степень аэрации 1,5–5 в пластовых условиях
Трещиноватые и трещиновато-кавернозные коллектора при температуре 70–170 °С	Гидрофобная кислотная эмульсия на основе светлых нефтепродуктов: 60–70 % HCl по п. 1–6 + 40–30 % светлых нефтепродуктов (керосин, дизель) + 0,5–1 % эмульгатора
Трещиноватые и трещиновато-кавернозные коллектора при температуре 60–90 °С	Гидрофобная нефтекислотная эмульсия 50–70 % HCl по п. 1–6 + 50–30 % нефти, содержащей 2–4 % асфальтенов, 6–10 % силикагелевых смол, 6 % парафинов + ПАВ 0,1–0,2 %
Трещиноватые и трещиновато-кавернозные коллектора при температуре до 60 °С	HCl 12–15 % + КМЦ или сульфит-спиртовая барда, 0,5–3 %
Сульфато- и железосодержащие коллектора порового типа с температурой до 60 °С	Сульфаминовая кислота 10–15 % + ПАВ 0,1–0,2 %
Сульфато- и железосодержащие коллектора порового типа с температурой до 90 °С	Уксусная кислота 10 %
Низкопроницаемые поровые коллекторы	Оксидат

Технология проведения солянокислотной обработки

Перед кислотной обработкой у устья скважины монтируют агрегат подземного ремонта и располагают необходимое оборудование (рис. 1).

Технология проведения обычной СКО заключается в последовательном выполнении следующих операций:

1. Промывка скважин (прямая, обратная или комбинированная). Выполняется при открытых задвижках на устье и затрубном пространстве. Жидкость, заполняющая скважину, и жидкость промывки поступают в ёмкость на поверхности.

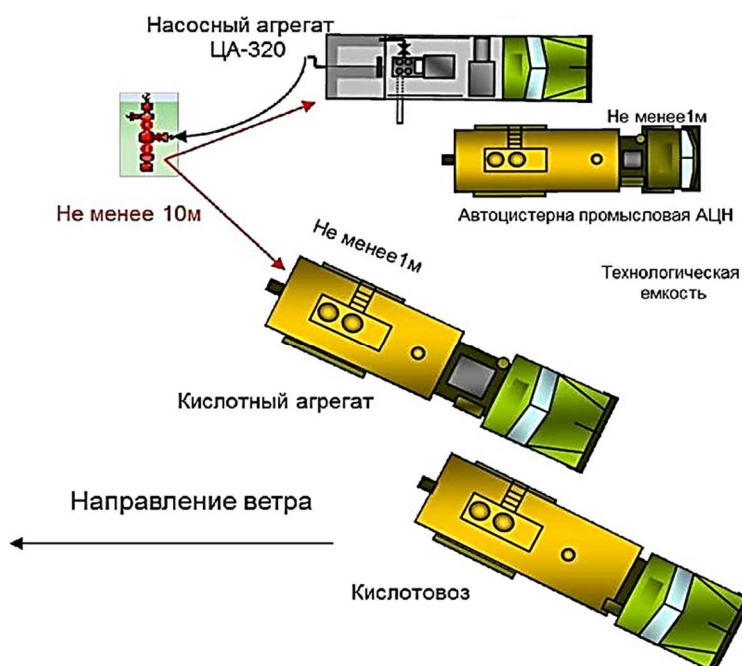


Рисунок 1 – Расположение оборудования при проведении кислотной обработки

В процессе этой операции скважина очищается не только от грязи, но и от отложений смол, парафинов и асфальтенов, которые могут отлагаться в ПЗС, в перфорационных каналах и на стенках скважины. При этом в качестве жидкостей промывки используются: керосин, дизельное топливо, пропан-бутановая фракция, конденсат и другие растворители. После промывки добывающая скважина заполняется, как правило, нефтью. Если скважина расположена в зоне ВНК, есть опасение, что после СКО вода может подняться, нижнюю часть продуктивного пласта не обрабатывают. В этом случае после промывки нижняя часть скважины на расчётную величину толщины продуктивного горизонта заполняется жидкостью – бланкетом.

2. Закачивают расчётные объёмы кислотного раствора в скважину. Объём кислотного раствора зависит от толщины обрабатываемого пласта, свойств призабойной зоны и желаемой (рациональной) глубины обрабатываемой зоны. Как правило, радиус обработки ПЗС при первичном воздействии наименьший. Чтобы последующие обработки (вторая, третья и т.д.) были технологически эффективными, необходимо увеличивать радиус обработки в сравнении с радиусом предыдущей обработки. Анализ результатов первичных СКО показывает, что удельный расход кислотного раствора на метр обрабатываемой толщины зависит от коллекторских свойств ПЗС: для низкопроницаемых коллекторов невысокой пористости удельный расход 15 %-ного раствора HCl изменяется от 0,2 до 0,6 м³/м; для высокопроницаемых коллекторов – от 0,2 до 0,9 м³/м; для трещинных коллекторов – от 0,3 до 0,9 м³/м.

При закачке кислотного раствора в скважину в течение времени достижения им обрабатываемого пласта задвижка на затрубном пространстве открыта, после чего она закрывается (рис. 2).

3. Продавливают кислотный раствор в ПЗС, продолжая агрегатом закачку расчётного объёма кислоты в скважину. Затем кислотный раствор продавливается нефтью или водой до полного его поглощения пластом. После задавки кислотного раствора в пласт закрывается задвижка на устье скважины. Скважина закрыта.

4. Нейтрализация кислотного раствора за счёт реагирования его с обрабатываемой породой. Время нейтрализации зависит от давления и температуры и изменяется от 1 часа до 24 часов.

5. После нейтрализации кислотного раствора проводят вызов притока и освоение, а затем – исследование скважины. По результатам исследования до обработки и после судят о технологическом эффекте.

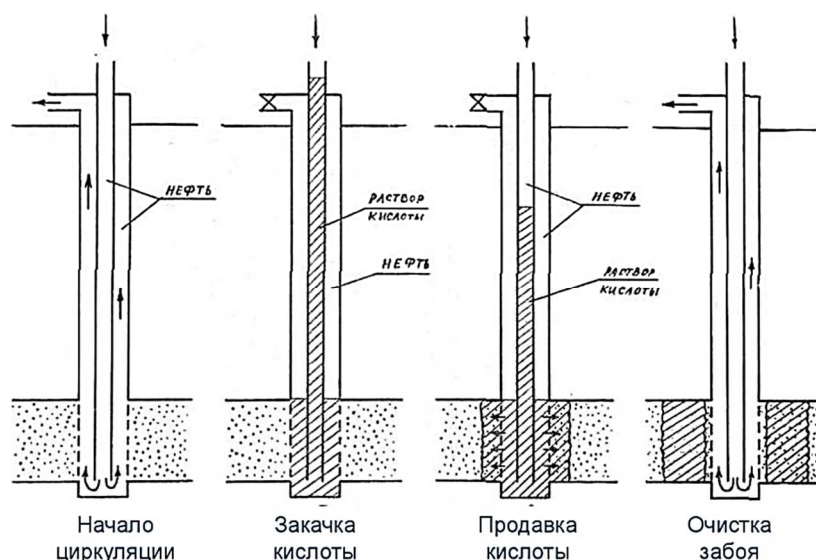


Рисунок 2 – Схема кислотной обработки скважин

Техника, применяемая при СКО

Приготовление кислотного раствора осуществляется, как правило, на специальных кислотных базах, организованных на территории нефтедобывающего района. Для перевозки необходимых объемов кислотного раствора на скважине используются автоцистерны различного объема (до 20 м³). Для защиты емкостей от воздействия кислоты (или растворов кислоты) они гуммируются или покрываются специальными химически стойкими эмалями. При работе при низких температурах воздуха ёмкости оборудуются специальными нагревателями-змеевиками. Перекачка кислотных растворов осуществляется специальными центробежными насосами кислотоупорного исполнения с различными подачами и напорами.

Закачка кислотных растворов в скважину осуществляется специальными насосными агрегатами на автомобильном шасси, например, Азинмаш-30А (рис. 3).

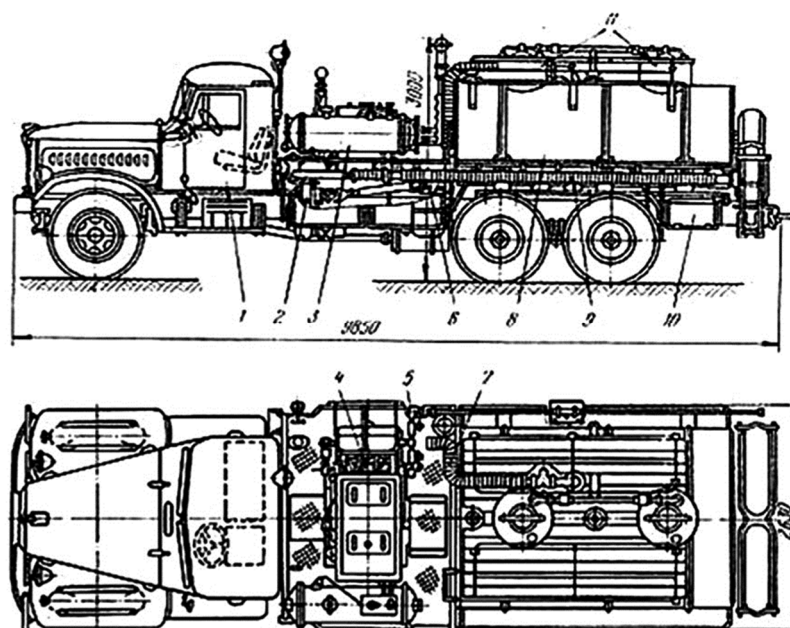


Рисунок 3 – Азинмаш-30А:

- 1 – кабина машиниста (пульт управления); 2 – коробка отбора мощности; 3 – ёмкость для реагента;
- 4 – насос 4НК-500; 5 – выкидной трубопровод; 6 – редуктор; 7 – шланг для забора раствора кислоты из цистерны;
- 8 – цистерна для раствора кислоты; 9 – комплект присоединительных шлангов;
- 10 – ящик для инструментов; 11 – горловина цистерны

Насосный агрегат включает в себя гуммированную цистерну для кислотного раствора, насос высокого давления (как правило, трёхплунжерный насос одинарного действия) с приводом от коробки отбора мощности автомобиля. Сменные плунжеры насоса позволяют регулировать подачу в широких пределах (от единиц до десятков л/с). Давление, создаваемое насосом, также меняется от единиц до десятков МПа. Параметры работы насоса зависят от скорости (как правило, насосный блок имеет 5 скоростей). Наряду с насосным агрегатом, для кислотных обработок используется цементировочный агрегат (типа ЦА-320М), который играет роль подпорного насоса для основного агрегата, подавая технологические жидкости на приём силового насоса. Кроме того, агрегат ЦА-320М, оборудованный ротационным насосом низкого давления и емкостями, позволяет перемешивать кислотный раствор различными реагентами, добавляемыми в него на скважине, а также при необходимости перекачивать раствор из одних емкостей в другие. Кроме агрегата ЦА-320М, при кислотных обработках при необходимости применяется и агрегат для гидравлического разрыва пласта, например, 4АН-700. Важнейшим техническим элементом при проведении СКО является специальная устьева головка высокого давления на быстросъёмных соединениях. Головка оборудована обратным клапаном (его наличие обязательно!) и задвижкой высокого давления, соединенной с выкидом насосного агрегата. На поверхности при обвязке цистерн и агрегатов используются прочные металлические трубы. В зависимости от технологических параметров СКО одновременно могут использоваться несколько однотипных агрегатов, обвязываемых в единую систему. При проведении СКО необходимо строго соблюдать правила обеспечения безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды. Кроме обычной СКО, на практике достаточно широко применяют другие виды кислотного воздействия, которые отличаются от обычной СКО технологией их реализации.

Кислотные ванны

Данные обработки применяются, как правило, в скважинах с открытым забоем после бурения или в процессе вызова притока и освоения. Основной целью кислотных ванн является очистка ПЗС от остатков глинистой корки, цементных частиц (при цементировании обсадной колонны выше продуктивного горизонта), отложений солей (кальцитовых) пластовой воды и др. Объём кислотного раствора должен равняться объёму скважины от подошвы до кровли коллектора. Закачка расчётного объёма раствора ведётся при давлении, определяемом сопротивлениями в системе без задавки его в ПЗС. Концентрация раствора для кислотных ванн выше и достигает 20 %. Это связано с тем, что при кислотных ваннах не происходит перемешивания раствора на забое. Время нейтрализации при таких обработках выше, чем при обычной СКО, и достигает 16–24 часов.

Необходимое условие установления кислотной ванны – присутствие раствора кислоты в интервале обработки, для чего разработаны определённые технологические приёмы закачивания и продавливания раствора кислоты в скважину.

В скважинах, находящихся в освоении после бурения (ствол скважины после предварительной очистки заполнен водой или нефтью при слабом притоке её из пласта), технологический процесс осуществляется следующим образом (рис. 4а).

При открытом затрубном пространстве в НКТ закачивают расчётное количество раствора кислоты (рис. 4 б), а затем без остановки – продавочную жидкость – воду (рис. 4 в). После закачивания продавочной жидкости в объёме, равном объёму НКТ (рис. 4 г), закрывают задвижки в НКТ и выкиде затрубного пространства, и скважина оставляется на реагирование на 16–24 часов (точный срок устанавливается для каждого месторождения опытным путём на основе определения остаточной кислотности раствора после различных сроков выдерживания его на забое). По истечении времени реагирования производят промывку скважины через затрубное пространство (обратная промывка) водой или через НКТ (прямая промывка) нефтью с целью удаления с забоя продуктов реакции.

Примерная схема обвязки наземного оборудования при установлении кислотной ванны показана на рисунке 5.

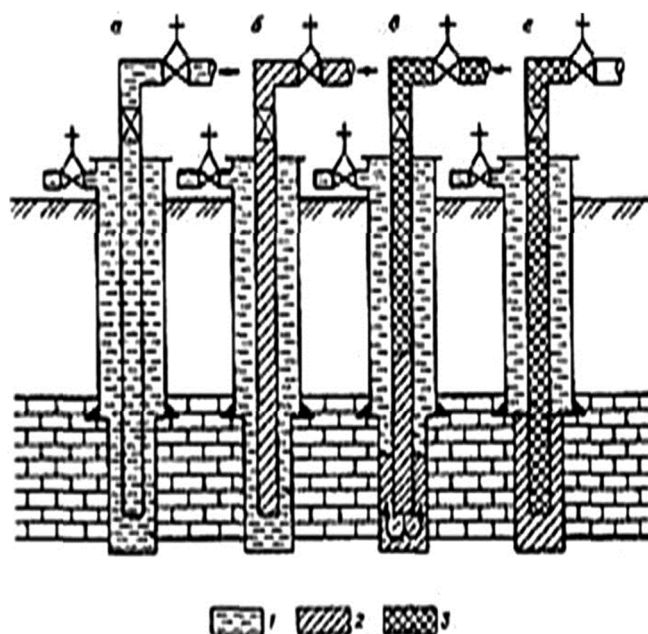


Рисунок 4 (а-г) – Технологическая схема установки кислотной ванны:
1 – вода; 2 – кислота; 3 – продавочная жидкость

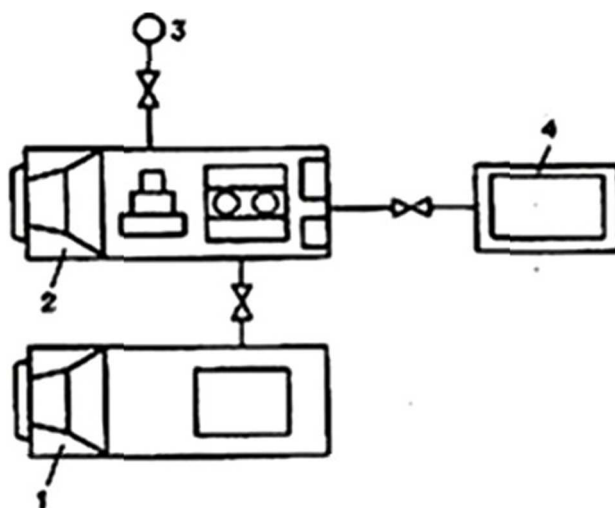


Рисунок 5 – Примерная схема обвязки наземного оборудования при установке кислотной ванны:
1 – кислотовоз; 2 – установка насосная; 3 – скважина; 4 – резервуар

Кислотные обработки под давлением

Этот вид обработок предназначен для повышения эффективности кислотного воздействия на призабойные зоны неоднородного по проницаемости коллектора. При обычной СКО кислотный раствор проникает в хорошо проницаемые разности, а зоны пониженной проницаемости фактически остаются необработанными. Технология СКО под давлением отличается от обычной обработки следующим. Сначала проводится гидродинамическое исследование скважины со снятием профиля притока (приемистости) с целью установления зон повышенной проницаемости и поглощающих трещин. После этого скважина обычным образом готовится к обработке. Затем в скважину до кровли продуктивного горизонта спускается колонна НКТ, на конце которой размещён пакер с якорем. В определённый момент времени колонна пакеруется и заякоривается во избежание повреждения обсадной колонны выше продуктивного горизонта высоким давлением закачки кислотного раствора. После этого проводится закупорка высокопроницаемых разностей закачкой в них высоковязкой нефтекислотной эмульсии.

Нефтекислотная эмульсия готовится на скважине из смеси 12 %-ного раствора HCl и нефти, при этом используется центробежный насос штатной техники (автоци-

стерны). Соотношение компонентов эмульсии таково: 70 % по объёму – кислотный раствор, 30 % по объёму – дегазированная нефть. Если дегазированная нефть лёгкая, к ней добавляют, например, окисленный мазут, гудрон. С целью получения хорошего качества эмульсии к ней добавляют эмульгирующие вещества. Вязкость образующейся эмульсии зависит от дисперсности её компонентов, т.е. от времени перемешивания. При достаточно длительном времени перемешивания получают мелкодисперсную эмульсию с вязкостью до 10 Па × с. Полученная таким образом нефтекислотная эмульсия закачивается в призабойную зону, проникает в зону повышенной проницаемости и заполняет их. Продавка эмульсии ведётся при открытой задвижке на затрубном пространстве до момента, пока эмульсия не достигнет кровли продуктивного горизонта (башмака НКТ).

После этого производят пакеровку и заякоривание НКТ и закрывают затрубную задвижку. Если в НКТ закачан расчётный объём кислотного раствора, то продавка эмульсии осуществляется кислотным раствором. Давление закачки увеличивается, и эмульсия проникает в зону повышенной проницаемости. По достижении границы раздела «нефтекислотная эмульсия – кислотный раствор» башмака НКТ давление закачки вновь возрастает. Под действием повышенного давления кислотный раствор закачивается в низкопроницаемые разности, что существенно увеличивает охват пласта процессом кислотного воздействия. Объёмы нефтекислотной эмульсии рассчитываются по результатам гидродинамического исследования скважины, профилей притока (приёмности), а также коллекторских свойств обрабатываемой зоны пласта (рис. 6).

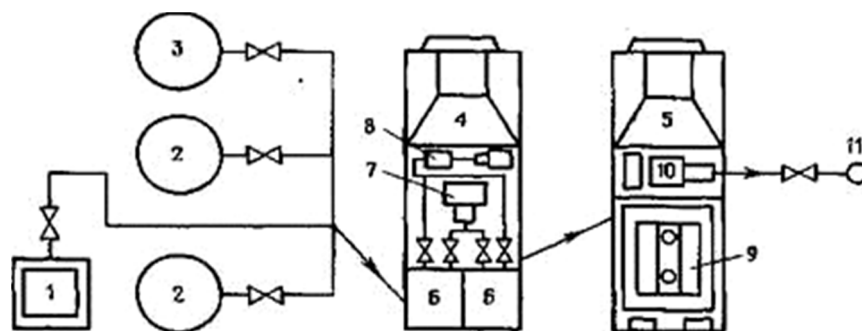


Рисунок 6 – Примерная схема обвязки наземного оборудования при кислотной обработке под давлением:
 1 – передвижная ёмкость для кислоты; 2 – стационарная ёмкость для кислоты; 3 – ёмкость для нефти;
 4 – цементировочный агрегат; 5 – установка насосная УНЦ-160Х 50 К (Азинмаш-30А);
 6 – бункеры; 7 – основной насос; 8 – водяной насос; 9 – резервуар; 10 – насос; 11 – скважина

Термокислотные обработки

Термокислотная обработка предназначена для повышения эффективности кислотных обработок карбонатных коллекторов, когда в процессе эксплуатации скважин в призабойной зоне отлагаются асфальто-смоло-парафиновые (АСП) вещества, блокирующие карбонатную породу для нормальной реакции её с кислотным раствором. Эффективной кислотная обработка будет только в том случае, если предварительно удалить с поверхности карбонатной породы асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО). Удаление АСПО возможно в процессе промывки после их расплавления. Расплавление АСПО достигается за счёт экзотермической реакции взаимодействия солянокислотного раствора HCl с магнием или его сплавами:



где Q_m – количество теплоты, выделяющееся при реакции, кДж.

Хлористый магний остаётся в растворе. Количество выделяющейся при реакции теплоты Q_t зависит от многих факторов: концентрации кислотного раствора, его количества, количества магния и его вида (магниевая пыль, крошка, стружка или бруски), степени нейтрализации раствора и т.д. Установлено, что при взаимодействии 1 кг Mg с 18,61 л 15 %-ного раствора соляной кислоты достигается полная нейтрализация раствора и полный расход магния. При этом выделяется 18987 кДж теплоты.

Максимальное повышение температуры продуктов реакции, предполагая потери тепла в окружающую среду нулевыми.

Уравнение теплового баланса таково:

$$Q_t = V_p \cdot \rho_p \cdot C \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где V_p – объём жидкости при реакции, равный объёму 15 %-ного кислотного раствора; ρ_p – плотность кислотного раствора, кг/м³ (ρ_p принимается равным плотности воды 1000 кг/м³); C – удельная теплоёмкость жидкой части продуктов реакции, кДж/(кг × °С); Δt – повышение температуры, °С.

Откуда:

$$\Delta t = \frac{Q_t}{V_p \cdot \rho_p \cdot C}. \quad (2)$$

Примем удельную теплоёмкость жидкой части продуктов реакции равной удельной теплоёмкости воды $C = 4,186$ кДж/(кг × °С). Подставляя исходные данные, получим:

$$\Delta t_{max} = \frac{18987}{18,61 \cdot 10^{-3} \cdot 4,186} \approx 243,7 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

Таким образом, максимально возможное повышение температуры при полной реакции составляет ~ 243 °С, т.е. это температура вполне достаточна для расплавления АСПО и очистки ПЗС.

Выполненными исследованиями показано, что скорость реакции Mg и HCl зависит от давления: при $P = 0,1$ МПа для 15 % кислотного раствора скорость реакции составляет 58,6 кг/час на 1 м² поверхности магния; при $P = 14$ МПа – 0,55 кг/час на 1 м². При этом отмечено, что повышение температуры раствора до 60–70 °С снижает концентрацию кислотного раствора с 15 до 11 %. Температура нагрева жидкости регулируется количеством магния и скоростью закачки кислотного раствора.

Расчёт требуемого количества кислоты и концентрации для проведения СКО

Определим необходимое количество химикатов и составим план обработки скважины № 71 Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения соляной кислотой.

Скважина № 71 имеет следующую характеристику (табл. 2).

Таблица 2 – Исходные данные по скважине № 71 Восточно-Сотчемью-Талыйюского месторождения

Глубина H, м	1864
Толщина пласта h, м	6,4
Внутренний диаметр скважины D _{скв} , м	0,114
Диаметр НКТ д _{нкт} , м	0,062
Наружный диаметр, м	0,073
Диаметр выкидной линии, м	0,05
Длина выкидной линии, м	20
Длина НКТ, м	1841,8
Коэффициент продуктивности	16,67
Пластовое давление, МПа	19,2
Расход л/с	3,6
Плотность нефти, кг/м ³	850
Вязкость нефти	0,0221

Для заданных условий принимаем концентрацию кислоты 15 %. При средней норме расхода соляной кислоты 1 м³ на 1 м интервала обработки общий объём 15 %-ной соляной кислоты составит:

$$W_p = l \cdot h. \quad (4)$$

Расчёт количества химикатов и воды.

На приготовление 6,4 м³ 15 %-ного раствора необходимо концентрированной HCl:

$$W_K = \frac{W_p \cdot x_p \cdot (5,09 \cdot x_p + 999)}{x_K \cdot (5,09 \cdot x_K + 999)}, \quad (5)$$

где W_p – объём 15 %-ной соляной кислоты, м³; x_p – объёмная доля кислотного раствора; x_K – объёмная доля товарной кислоты ($x_K = 27,5 \%$).

В качестве замедлителя реакции и стабилизатора окисных соединений железа используем уксусную кислоту, объём которой определим по формуле:

$$W_{ук} = \frac{b_{ук} \cdot W_p}{c_{ук}}, \quad (6)$$

где $b_{ук}$ – норма добавки 100 % уксусной кислоты ($b_{ук} = 3 \%$); $c_{ук}$ – объёмная доля товарной уксусной кислоты ($c_{ук} = 80 \%$).

В качестве ингибитора коррозии выбран реагент В-2, объём которого:

$$W_{инг} = \frac{b_{инг} \cdot W_p}{c_{инг}}, \quad (7)$$

где $b_{инг}$ – выбранная объёмная доля реагента в растворе ($b_{инг} = 0,2 \%$); $c_{инг}$ – объёмная доля товарного ингибитора ($c_{инг} = 100 \%$).

Количество интенсификатора (принимаем Марвелан-К (О)):

$$W_{инт} = \frac{b_{инт} \cdot W_p}{100}, \quad (8)$$

где $b_{инт}$ – норма добавки 100 % интенсификатора ($b_{инт} = 0,3 \%$).

При использовании технической соляной кислоты в ней может содержаться до $a = 0,4 \%$ серной кислоты. Её нейтрализуют добавкой хлористого бария, количество которого определяют по формуле:

$$G_{хб} = 21,3 \cdot W_p \cdot \left(a \cdot \frac{x_p}{x_K} - 0,02 \right), \quad (9)$$

где 27,016 – масса хлористого бария (кг), необходимые для нейтрализации 10 кг серной кислоты; $\frac{x_p}{x_K}$ – объёмная доля серной кислоты в приготовленном растворе; a – объёмная доля серной кислоты в товарной соляной кислоте, %; 0,02 – допустимая объёмная доля серной кислоты в растворе, когда после реакции её с карбонатными породами соли не выпадают в осадок, %.

При плотности хлористого бария 4000 кг/м³ объём его с учётом определяют:

$$W_{хб} = \frac{G_{хб}}{\rho_{хб}}. \quad (10)$$

Объём воды для приготовления кислотного раствора:

$$W_в = W_p - W_K - \sum W_{реаг}. \quad (11)$$

Порядок приготовления кислотного раствора

Наливают в мерник 25,54 м³, добавляют к воде 0,1 м³ ингибитора В-2, 1,998 м³ уксусной кислоты; 37,5 м³ соляной товарной кислоты. Полученный раствор тщательно перемешивают, измеряют его плотность ареометром. При правильной дозировке плот-

ность должна соответствовать заданной концентрации при температуре замера. Значение ρ_p можно рассчитать по формуле:

$$W_K = \frac{W_p \cdot \rho_p \cdot (\rho_p - 999)}{\rho_K \cdot (\rho_K - 999)}, \quad (12)$$

где ρ_K – плотность товарной кислоты при 15 °С ($\rho_K = 1139$ кг/м³).

$$\rho_K = \frac{999}{2} + \sqrt{\left(\frac{999}{2}\right)^2 + \rho_K \cdot (\rho_K - 999) \cdot \frac{W_K}{W_p}}. \quad (13)$$

Если замеряемая плотность больше расчётной, в раствор добавляют воду, если меньше, то товарную кислоту. Обычно корректировка не требуется, если нет грубых ошибок в расчётах или в дозировке, так как возможные погрешности при расчётах меньше, чем ошибка при замере плотности ареометром.

Затем добавляют в раствор 72 кг хлористого бария, хорошо перемешивают, через 5 минут после этого добавляют 51 л интенсификатора Марвелан-К (О), раствор снова перемешивают и оставляют его на 2–3 часа до полного осветления, после чего раствор перекачивают в цистерну Азинмаш-30А и другие ёмкости.

Обработка скважины

В процессе подготовительных работ скважина промыта и заполнена нефтью.

Нижний интервал продуктивного пласта изолируют закачкой бланкета – концентрированного раствора хлористого кальция. Трубы опускают до забоя и при небольшой подаче насоса Азинмаш-30А закачивают раствор CaCl₂ плотностью 1200 кг/м³.

Объём закачиваемого бланкета составляет:

$$V_{бл} = 0,785 \cdot D^2 \cdot h_{бл}. \quad (14)$$

Для получения 1 м³ раствора CaCl₂ плотностью 1200 кг/м³ требуется 540 кг CaCl₂ и 0,66 м³ воды. Для изоляции нижнего интервала необходимо 540 × 0,38 = 205 кг CaCl₂ и 0,66 × 0,38 = 0,25 м³ воды. Транспортировка бланкета осуществляется продавкой нефтью в объёме выкидной линии длиной 20 м с внутренним диаметром $d_v = 0,062$ м и НКТ длиной 1841,8 м.

Объём выкидной линии:

$$V_v = 0,785 \cdot d_v^2 \cdot L_v. \quad (15)$$

Объём 1 м НКТ:

$$V_{НКТ} = 0,785 \cdot d^2 \cdot L_{НКТ}. \quad (16)$$

Объём нефти для продавки бланкета:

$$V = V_v + V_{НКТ} \cdot L. \quad (17)$$

Трубы приподнимают, устанавливая башмак на глубине 1831,8 м, размещают и обвязывают оборудование.

Закачивают кислотный раствор в объёме выкидной линии, насосно-компрессорных труб и ствола скважины от башмака НКТ до кровли пласта:

$$V_K = V_v + V_{НКТ} \cdot (L_{НКТ} - h_{бл}) + 0,785 \cdot (D^2 - d_1^2) \cdot (h - h_{бл}). \quad (18)$$

Приток вызывают свабированием или с помощью компрессора, производится обработка скважины и очистка призабойной зоны от продуктов реакции.

Режим работы агрегата выбирают таким образом, чтобы давление, создаваемое насосом, было достаточно для продавки раствора в пласт при максимально возможной его подаче.

Определим необходимое давление на выкиде насоса при закачке в скважину жидкости с расходом q по формуле:

$$p_{вн} = p_{заб} - p_{ж} + p_{тр}, \quad (19)$$

где $p_{заб}$ – максимальное забойное давление при продавке раствора; $p_{ж}$ – гидростатическое давление столба продавочной жидкости (нефти); $p_{тр}$ – потери давления на трение.

Забойное давление при продавке раствора рассчитывается по формуле:

$$p_{заб} = p_{пл} + q \cdot 10^{-3} \cdot \frac{86400}{K}, \quad (20)$$

где $p_{пл}$ – пластовое давление, МПа; q – объёмный расход, л/мин.; K – коэффициент приёмистости скважины, м³/(сут. × МПа).

Гидростатическое давление столба продавочной жидкости определяется по формуле:

$$p_{ж} = \rho \cdot g \cdot (L - h_{бл}), \quad (21)$$

где ρ – плотность продавочной жидкости, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; L – длина НКТ, м; $h_{бл}$ – высота blankets, м.

Потери давления на трение рассчитывается по формуле:

$$p_{тр} = \frac{\lambda \cdot v^2 \cdot \rho \cdot L}{2 \cdot d}, \quad (22)$$

где v – скорость движения жидкости по трубам, м/с:

$$v = \frac{q \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot d^2}; \quad (23)$$

λ – коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}; \quad (24)$$

Re – число Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \quad (25)$$

где μ – динамическая вязкость продавочной жидкости, Па × с.

Оценка эффекта кислотной обработки сводится к решению уравнения Дюпюи до и после воздействия:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot (p_k - p_{заб})}{\mu \cdot \left(\ln \left(\frac{R_k}{r_{скв}} \right) + S_0 + \Delta S \right)}, \quad (26)$$

где k – проницаемость пласта, м²; h – толщина пласта, м; p_k – давление на контуре питания зоны дренирования, Па; $p_{заб}$ – забойное давление, Па; μ – динамическая вязкость жидкости, Па · с; R_k – радиус зоны дренирования, м; $r_{скв}$ – радиус скважины, м; S_0 – скин-эффект до СКО; ΔS – изменение скин-эффекта в результате СКО.

По результатам проведённых исследований найдем продолжительность эффекта солянокислотной обработки t :

$$\begin{aligned} q(t) &= q_1 \\ q_1 &= q_2 \cdot e^{-\alpha \cdot t}, \end{aligned} \quad (27)$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{q_1}{q_2}\right)}{\alpha} = \frac{\ln\left(\frac{103,5}{42,2}\right)}{0,0027} = 332 \text{ сут.} \quad (28)$$

Таким образом, продолжительность эффекта СКО составила 332 сут. В таблице 3 приведена эффективность СКО.

Таблица 3 – Эффективность СКО

№ скважины	Дебит	м ³ /сут.	тонн/сут.	K _{пр} , м ³ /сут.	kh/μ, Дсм/спз
71	до СКО	42,2	35,87	16,67	22,34
	после СКО	103,5	87,975	66,67	89,34

Выводы

Кислотное воздействие на пласт является наиболее востребованным методом интенсификации в нефтегазодобыче. Для каждого объекта подбирается метод, учитывающая геолого-физические особенности и литолого-минералогический состав конкретного месторождения.

Перед проведением кислотной обработки необходимо исследовать скважину и подобрать оптимальный состав технологической жидкости для данного месторождения. Ведь успешность проведения процесса во многом зависит от качества кислотного состава.

Также необходимо применение кислотных составов, содержащих химические добавки, которые соответствуют конкретным условиям и обеспечивают оптимальную глубину проникновения активного реагента. Такой подход позволяет повысить эффективность кислотной обработки и избежать отрицательных последствий.

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. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
7. Попов В.В. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
8. Савенок О.В. Проектирование кислотной обработки пласта / О.В. Савенок, А.В. Лаврентьев, Д.А. Березовский. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2014. – 86 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. Березовский Д.А. Техника и технология проведения кислотного гидравлического разрыва пласта / Д.А. Березовский, А.Л. Яковлев, Г.В. Кусов // Сборник статей научно-

- информационного центра «Знание» по материалам XXI Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке» (16 января 2017 года, г. Харьков). – Х. : научно-информационный центр «Знание», 2017. – Ч. 2. – С. 25–40.
14. Березовский Д.А. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин на Средне-Макарихинском месторождении / Д.А. Березовский, Г.В. Кусов, О.В. Савенок // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 30–38.
 15. Березовский Д.А. Определение расчётных показателей процесса солянокислотной обработки в скважине № 23 Южно-Шапкинское месторождения : в 2 ч. / Д.А. Березовский, Г.В. Кусов // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 76–87.
 16. Дроздов А.А. Анализ результатов солянокислотных обработок призабойной зоны пласта на добывающих скважинах Салюкинское месторождения / А.А. Дроздов, О.В. Савенок // Сборник тезисов 75-ой Международной молодёжной научной конференции «Нефть и газ – 2021» (26–30 апреля 2021 года, г. Москва). – М. : РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2021.
 17. Кардашев С.А. Анализ результативности и совершенствование технологий предотвращения отложения парафинов на оборудовании скважин Печоро-Кожвинского нефтегазоконденсатного месторождения / С.А. Кардашев, О.В. Савенок // 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.
 18. Кязимов Ф.К. оглы. Экспериментальные исследования кислотного воздействия на неоднородные пласты : в 2 ч. / Ф.К. оглы Кязимов, С.Д. кызы Рзаева, Г.Д. Тулешева // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 210–215.
 19. Нешков А.И. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин Северо-Хоседаюского нефтяного месторождения / А.И. Нешков, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 172–185.
 20. Радзиевский Г.А. Анализ результатов проведения очистки призабойной зоны солянокислотным раствором на добывающих скважинах Хасырейского месторождения / Г.А. Радзиевский, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 1. – С. 292–305.
 21. 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. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
 22. Свалов А.М. Патент РФ № 2579039. Способ разработки низкопроницаемых нефтегазовых пластов. Дата подачи заявки: 24.04.2015. Дата публикации патента: 27.03.2016. Патентообладатели: А.М. Свалов, В.Г. Григулецкий

References

1. Bulatov A.I. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydrate formation: warning and removal : in 2 vol. : textbook / A.I. Bulatov, G.V. Kusov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2011. – Vol. 1–2.
2. Bulatov A.I. Workshop on the discipline «Completion of oil and gas wells»: in 4 vol. : textbook / A.I. Bulatov O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2013–2014. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I. Overhaul of oil and gas wells : in 4 vol. / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2012–2015. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I. Scientific foundations and practice of oil and gas well development / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremiyчук. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2016. – 576 p.
5. Varlamov P.S. Reservoir testing equipment for hydrodynamic studies of oil and gas well formations / 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. Popov V.V. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
8. Savenok O.V. Acid Treatment Design / O.V. Savenok, A.V. Lavrentiev, D.A. Berezovsky. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2014. – 86 p.
9. Savenok O.V. Oil and gas engineering during well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremiyчук. – M. : Infra-Engineering, 2019. – 548 p.
10. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FSBOU VO KubSTU, 2019. – 275 p.

11. Savenok O.V. Environmental 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. Oil field development design : training manual. – Ukhta : Publishing house of Ukhta State Technical University, 2021.
13. Berezovsky D.A. Acid hydraulic fracturing technique and technology / D.A. Berezovsky, A.L. Yakovlev, G.V. Kusov // Collection of articles of the scientific and information center «Knowledge» on the materials of the XXI International Correspondence Scientific and Practical Conference «Development of Science in the XXI Century» (January 16, 2017, Kharkov). – X. : Scientific and Information Center «Knowledge», 2017. – Part 2. – Page 25–40.
14. Berezovsky D.A. Analysis of hydrochloric acid treatment of wells at the Sredne-Makarikhinskoye field / D.A. Berezovsky, G.V. Kusov, O.V. Savenok // Bulatov-sky readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 30-38.
15. Berezovsky D.A. Determination of calculated parameters of the process of hydrochloric acid treatment in well № 23 of the Yuzhno-Shapkinsky field : in 2 vol. / D.A. Berezovsky, G.V. Kusov // Bulatovsky readings. – 2018. – Vol. 2. – Part 1. – P. 76–87.
16. Drozdov A.A. Analysis of the results of hydrochloric acid treatment of the bottomhole zone at the production wells of the Salyukinsky field / A.A. Drozdov, O.V. Savenok // Abstract of the 75th International Youth Scientific Conference «Oil and Gas – 2021» (April 26-30, 2021, Moscow). – M. : Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkin, 2021.
17. Kardashev S.A. Performance analysis and improvement of technologies for preventing the deposition of paraffins on well equipment of the Pechoro-Kozhvinsky oil and gas condensate-satin field / S.A. Kardashev, O.V. Savenok // Innovative technologies in the production of building materials and structures. Collection of scientific works of the International Symposium (November 27–28, 2020, Tashkent). Tashkent: Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan, Tashkent Institute of Architecture and Construction, 2020. – P. 298–305.
18. Kyazimov F.K. oglu. Experimental studies of the acid effect on heterogeneous formations : in 2 vol. / F.K. oglu Kyazimov, S.D. Kyzy Rzaev, G.D. Tuleshev // Bulatov readings. – 2018. – Vol. 2. – Part 1. – P. 210–215.
19. Neshkov A.I. Analysis of hydrochloric acid treatment of wells of the North-Khosedayuskoye oil field / A.I. Neshkov, O.V. Savenok // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 2. – P. 172–185.
20. Radzievsky G.A. Analysis of the results of cleaning the bottomhole zone with hydrochloric acid solution at the production wells of the Khasyreyskoye field / G.A. Radzievsky, O.V. Savenok // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 1. – P. 292–305.
21. Savenok O.V. Nefteotdacha formation 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. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
22. Svalov A.M. Patent of the Russian Federation No. 2579039. Method for development of low-permeability oil and gas reservoirs. Application Date: 24.04.2015. Patent publication date: 27.03.2016. Patent holders: A.M. Svalov, V.G. Griguletsky.

УДК 622.276.054.23

ПОДБОР ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА НА СКВАЖИНУ ВОСТОЧНО-ЛАМБЕЙШОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



SELECTION OF AN ELECTRIC CENTRIFUGAL PUMP FOR A WELL OF THE VOSTOCHNO-LAMBEYSHORSKOYE FIELD

Зудин Борис Георгиевич

студент направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Ухтинский государственный технический университет
zudin-1985@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. Погружные центробежные насосы (УЭЦН) в настоящее время являются одним из основных средств механизированной эксплуатации нефтяных скважин. На их долю приходится более 53 % добываемой в России нефти и более 63 % извлекаемой из скважин жидкости. Одно из важнейших условий эффективного использования УЭЦН – это правильный подбор УЭЦН к скважине, т.е. выбор для каждой конкретной скважины таких взаимообусловленных типоразмеров насоса, электродвигателя с гидрозащитой, кабеля, трансформатора, подъёмных труб из имеющегося парка оборудования и такой глубины спуска насоса в скважину, которые обеспечат освоение скважины и технологическую норму отбора жидкости (номинального дебита) из неё в установившемся режиме работы системы «скважина – УЭЦН» при наименьших затратах. Подбор УЭЦН к скважине на современном уровне связан с выполнением относительно трудоёмких и громоздких вычислений и осуществляется с помощью ЭВМ.

Ключевые слова: подбор электроцентробежного насоса на скважину; обоснование выбора внутрискважинного оборудования для эксплуатации скважин; мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин; эксплуатация скважины Восточно-Ламбейшорского месторождения; методика подбора электроцентробежных насосов; подбор электроцентробежного насоса для скважины Восточно-Ламбейшорского месторождения.

Zudin Boris Georgievich

Student training direction
21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,
Ukhta State Technical University
nata_kovalchuk@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. Installation of an electric centrifugal pumps are currently one of the main means of mechanized operation of oil wells. They account for more than 53 % of oil produced in Russia and more than 63 % of fluid recovered from wells. One of the most important conditions for the efficient use of installation of an electric centrifugal pump is the correct selection of installation of an electric centrifugal pump for the well, i.e. selection for each specific well of such interdependent sizes of a pump, an electric motor with hydraulic protection, a cable, a transformer, lifting pipes from the existing equipment park and such a depth of lowering the pump into the well, which will ensure the development of the well and the technological rate of fluid withdrawal (nominal flow rate) from it in a steady state operation of the «well – installation of an electric centrifugal pump» system at the lowest cost. The selection of the installation of an electric centrifugal pump for the well at the modern level is associated with the performance of relatively time-consuming and cumbersome calculations and is carried out with the help of a computer.

Keywords: selection of an electric centrifugal pump for a well; substantiation of the choice of downhole equipment for well operation; measures to prevent and combat complications during well operation; well operation of the Vostochno-Lambeishorskoye field; methodology for the selection of electric centrifugal pumps; selection of an electric centrifugal pump for the well of the Vostochno-Lambeishorskoye field.

Обоснование выбора внутрискважинного оборудования для эксплуатации скважин Восточно-Ламбейшорского месторождения

В соответствии с геолого-физической характеристикой залежи нефти Восточно-Ламбейшорского месторождения в газе содержание сероводорода до 7,56 % объёмных, углекислого газа до 1,52 % объёмных.

В связи с высоким содержанием сероводорода в скважинной продукции для эксплуатации скважин Восточно-Ламбейшорского месторождения в соответствии с требованиями Правил безопасности в нефтегазодобывающей промышленности и с целью предохранения эксплуатационной колонны от воздействия сероводородсодержащей жидкости, а также обеспечения безаварийной продолжительной работы необходимо использование комплекса внутрискважинного оборудования в исполнении КЗ (содержание H_2S и $CO_2 > 6 \%$).

В связи с этим рекомендуется эксплуатационные скважины оборудовать комплексами внутрискважинного оборудования для фонтанной и механизированной добычи производства Российской компании «Измерон».

В состав комплекса внутрискважинного оборудования для фонтанной добычи входит:

- хвостовик с воронкой;
- нижний ниппель для посадки обратного клапана, необходимого для установки (раскрытия) пакера;
- пакер гидравлический двустороннего действия ПДГМ-ЦК-153(140)×50-КЗ, обеспечивающий сохранность эксплуатационной обсадной колонны (заполнение межтрубного пространства ингибированной жидкостью и подачи её в НКТ);
- верхний ниппель для посадки обратного клапана, необходимого для глушения скважины на время проведения работ по замене и ревизии внутрискважинного оборудования;
- разъединитель колонны насосно-компрессорных труб для обеспечения подъёма НКТ без подъёма пакера;
- циркуляционный клапан КЦ-2188-231-КЗ (для глушения скважины);
- клапан ингибиторный ИИ-60-КЗ для подачи ингибитора в колонну НКТ;
- компенсатор температурных удлинений (телескопическое соединение) КМТВ-122×500×2000-КЗ;
- клапан-отсекатель стационарный КОСС-52×130-КЗ;
- колонна насосно-компрессорных труб НКТ-73×7 мм, материал труб С90 сероводородостойкие, равнопрочные, с высокогерметичной резьбой.

Установка (снятие) клапанов в нижний и верхний ниппели производится с помощью канатной техники, при снятых клапанах проход в лифтовой колонне свободный для проведения исследований в призабойной зоне скважины.

Компоновка внутрискважинного оборудования обеспечивает возможность отсоединения лифтовой колонны от пакера для проведения замены НКТ после регламентированного срока работы в условиях сероводорода с целью:

- дальнейшей эксплуатации в условиях высокого содержания сероводорода;
- возможности (при необходимости) снятия пакерного устройства не ослабленной (технологической) колонной НКТ;
- проведения ревизии или замены ингибиторного и циркуляционного клапанов.

Разъединитель устанавливается ниже ингибиторного и циркуляционного клапанов. Фонтанные скважины рекомендуется оснащать арматурой типа АФК6В-65-35ХЛКЗ (рис. 1), условного прохода 65 мм, соответствующего внутреннему диаметру НКТ-73.

После прекращения фонтанирования проектные отборы могут быть обеспечены механизированной эксплуатацией скважин.

Исходя из среднесуточных дебитов новых скважин (152-1020 тонн/сут.), рекомендуется оборудовать скважины Восточно-Ламбейшорского месторождения электропогружными центробежными насосными установками в коррозионно-стойком исполнении. Технические возможности УЭЦН импортного и российского производства позволяют обеспечить необходимые дебиты. К тому же разнообразные модификации УЭЦН позволяют подобрать оборудование для эксплуатации скважин, осложнённых теми или иными условиями (коррозионно- и износостойкие).

В состав комплекса подземного оборудования для механизированной добычи входит:

- хвостовик с воронкой;
- нижний ниппель для посадки обратного клапана, необходимого для установки (раскрытия) пакера;

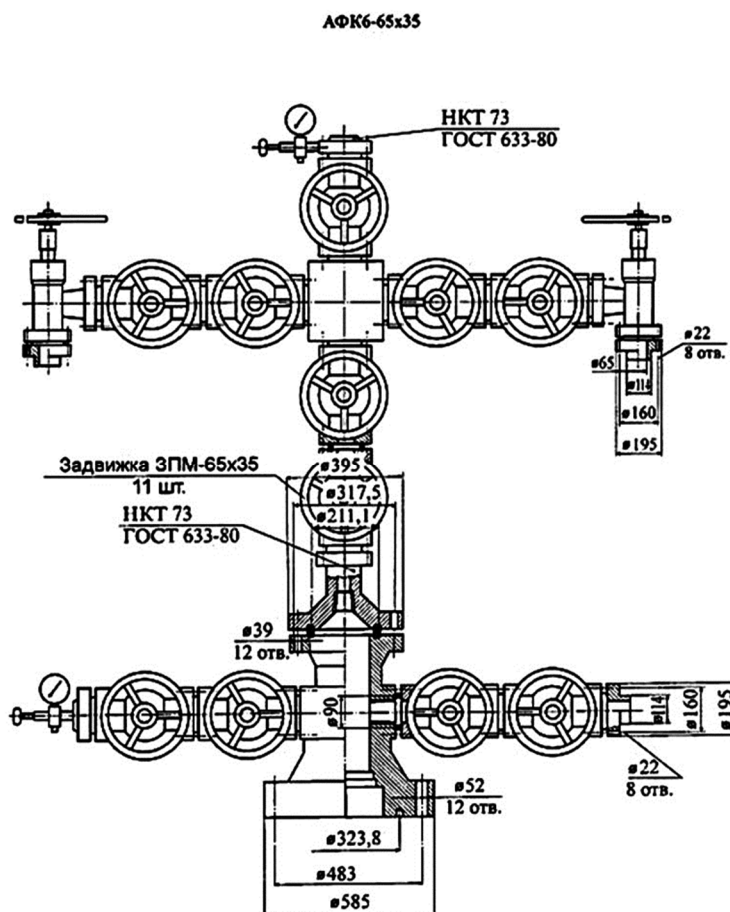


Рисунок 1 – Фонтанная арматура

- пакер гидравлический двустороннего действия ПДГМ-ЦК-153(140)×50-К3, обеспечивающий сохранность эксплуатационной обсадной колонны (заполнение межтрубного пространства ингибированной жидкостью и подачи её в НКТ);
 - верхний ниппель для посадки обратного клапана (клапана-отсекателя), необходимого для глушения скважины на время проведения работ по замене и ревизии внутрискважинного оборудования;
 - разъединитель колонны НКТ для обеспечения подъёма НКТ без пакера;
 - клапан комбинированный КК-К3 для обеспечения циркуляции и подачи ингибитора в колонну НКТ;
 - компенсатор температурных удлинений КМТВ-122×500×2000-К3;
 - кожух, в котором находятся струйный насос (обеспечивающий отбор свободного газа) НС-102-К3 и УЭЦН, D = 140×10 мм, безмуфтовый, коррозионно-стойкого исполнения с узлом кабельного ввода с циркуляционным клапаном УКВ-ЦКД-140-К3;
 - компенсатор длины кабеля КДК-102×1000-К3;
 - клапан-отсекатель стационарный КОСС-52×130-К3;
 - колонна насосно-компрессорных труб НКТ-73×7 мм, материал труб С90 сероводородостойкие, равнопрочные, с трапецеидальной высокогерметичной резьбой, устанавливаемая от устья до кожуха, длина секции до 2000 м;
 - колонна насосно-компрессорных стеклопластиковых труб марки RED BOX 3000 D = 89×10 мм, устанавливаемые от кожуха до пакера для снижения нагрузки на кожух, длина секции до 2000 м.
- Компоновка внутрискважинного оборудования обеспечивает возможность:
- использовать пакерное оборудование фонтанной скважины без его подъёма (хвостовик с обратным клапаном, пакер, разъединитель колонны);
 - отсоединения лифтовой колонны от пакера для проведения замены УЭЦН, при этом глушение скважины производится в надпакерном пространстве без воздействия на пласт;

- возможности (при необходимости) снятия пакерного устройства не ослабленной (технологической) колонной НКТ;
- сохранение обсадной колонны от коррозионного воздействия и подачи ингибиторов в лифтовую колонну.

Разъединитель устанавливается ниже ингибиторного и циркуляционного клапанов.

Данная конструкция позволяет обеспечить объёмы добычи от 152 тонн/сут. при использовании серийного оборудования импортного и российского производства типа DN4000REDA-1600, 400P22SND, 400P35SND (CENTRILIFT) в габарите 102 мм, 226ЭЦНАКИ5-200-1500, 10.1ЭЦНАИК5А-800-1800, 2ВННПИК5А-700ГЗ-1700 в габарите 103 мм, опытного производства ВНИИК4-200-1740. Установки ЭЦН комплектуются погружными электродвигателями необходимой мощности в габарите 103 мм. При комплектации ГНО частотной станцией управления и регулирования числа оборотов обеспечивается весь диапазон планируемой производительности скважин. Комплектация УЭЦН вентильными двигателями также позволяет обеспечить весь диапазон производительности скважин при щадящих условиях запуска ГНО. Исполнение ГНО износостойкое, насосные установки комплектовать диспергатором типа МНДБ5, максимально допустимое содержание свободного газа на входе в диспергатор до 55 % по объёму. Величина напора ЭЦН рассчитывается с учётом обеспечения работы струйного насоса (необходимый перепад давления на струйном насосе – 5 МПа). Струйный насос обеспечивает отбор свободного газа, образующегося в кожухе выше приёма насоса, и вместе с ним жидкости, что повысит эффективность работы ЭЦН.

Механизированные скважины оснащаются устьевого арматурой типа АФК6Э-65-35ХЛКЗ (ГОСТ-13846-84).

Глубина спуска глубинно-насосного оборудования зависит от глубины начала парафиноотложений и допустимого количества свободного газа на приёме насоса (с учётом газосепаратора-диспергатора). По расчётам начало парафиноотложений на глубине 700 м (уточняется в процессе фонтанной эксплуатации и определяется для каждой скважины индивидуально). Установка ГНО на глубине 1800–2100 м (расчётное количество свободного газа на приёме насоса до 10 %).

Для контроля работы ЭЦН рекомендуется оснастить электропогружные установки термоманометрической системой, регистрирующей температуру жидкости на приёме насоса, температуру обмотки статора погружного электродвигателя, давление на приёме насоса.

Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин

Осложняющими факторами, при эксплуатации скважин Восточно-Ламбейшорского месторождения, негативно влияющими на работу ГНО, являются:

- содержание в нефти парафина – 5,67 %;
- высокое содержание сероводорода в газе – до 7,56 %;
- высокое газосодержание – 202,5 м³/т.

Рекомендуемые способы борьбы с осложняющими факторами представлены ниже.

1. *Мероприятия по работе с фондом скважин, осложнённым АСПО.* Для борьбы с АСПО рекомендуется механическая очистка НКТ скребками, спускаемыми на проволоке D = 2,4 мм с коррозионно-стойким покрытием или изготовленные из некорродирующих материалов, с организацией постоянного контроля состояния скребковой проволоки. Частота спуска скребков 1 раз в неделю (уточняется в процессе эксплуатации), привод – от УДС.

2. *Мероприятия по работе с фондом скважин, осложнённым коррозией.* Коррозионная активность добываемой продукции, в первую очередь, обусловлена высоким содержанием растворённых коррозионно-активных газов. Концентрация сероводорода в газе превышает 6 % (до 7,56 %), диоксида углерода – до 1,52 % и высокой минерализацией – 139,4 г/дм³, что свидетельствует о высоком риске сульфидного коррозионного растрескивания под напряжением (СКРН).

В соответствии с требованиями Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности (глава VI Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленно-

сти ПБ 08-624-03, п. 6.7.3, 6.7.6) на месторождениях с высоким содержанием сероводорода эксплуатация скважинного оборудования, коммуникаций и надземного технологического оборудования, независимо от материального исполнения, ведётся с использованием ингибиторной защиты.

Рекомендуется проведение следующих мероприятий:

- применение оборудования в исполнении КЗ;
- применение УЭЦН (насос, диспергатор, гидрозащита, ПЭД) в коррозионно-стойком исполнении;
- применение НКТ с внутренним антикоррозионным покрытием (типа PolyPlex-R, ПЭП-585, эмалированные). Независимо от применяемых защитных покрытий материал стальных труб НКТ должен отвечать требованиям стойкости по СКРН;
- ингибиторная защита обсадной колонны заполнением межтрубного пространства обработанной ингибитором жидкостью (обезвоженной нефтью);
- подача ингибитора на приём насоса через ингибиторный клапан в лифтовые трубы или по ингибиторной трубке.

3. *Мероприятия по борьбе с высоким газовым фактором.* Для борьбы с вредным влиянием свободного газа на работу ЭЦН рекомендуется дополнительно комплектовать УЭЦН:

- установка диспергатора, обеспечивающего нормальную работу насоса при содержании свободного газа на входе в диспергатор до 55 %;
- комплектация насоса входным модулем с мультифазной насадкой, обеспечивающей нормальную работу насоса при содержании свободного газа перед входным модулем 55–60 %;
- применение центробежных насосов типа ВНН, допускающих содержание свободного газа на приеме насоса до 25 %;
- установка выше УЭЦН струйного насоса, обеспечивающего отбор свободного газа из затрубного пространства (кожуха) и за счёт работы газа улучшающего условия подъёма жидкости.

Эксплуатация скважины № 6 Восточно-Ламбейшорского месторождения

Продуктивный пласт (D3dz) вскрыт в интервале 3711–3741 м. Скважина эксплуатируется фонтанным способом. Вступительный дебит нефти составил 198,0 тонн/сут., жидкости – 198,2 тонн/сут., при обводнённости 0,1 %.

Конструкция скважины:

- направление: \varnothing 426 мм, глубина спуска – 30 м;
- кондуктор: \varnothing 323,9 мм, глубина спуска – 500 м;
- техническая колонна: \varnothing 244,5 мм, глубина спуска – 2329 м;
- эксплуатационная колонна: \varnothing 168,3 мм, глубина спуска – 3830 м.

Фонтанная арматура – АФК 6-65х35 ХЛ КЗ (рабочее давление – 35 МПа, условный проход – 65 мм, категория коррозионной стойкости – КЗ). Насосно-компрессорные трубы диаметром 73 мм спущены до глубины 3690 м. Пакер гидравлический ПДГМ-ЦК-153(140)х50, обеспечивающий сохранность эксплуатационной обсадной колонны, смонтирован на глубине 3560 м.

За период эксплуатации дебит по жидкости снизился со 198 тонн/сут. до 110 тонн/сут., обводнённость увеличилась до 20 %, в связи с чем рекомендуется перевод скважины на эксплуатацию УЭЦН.

Методика подбора электроцентробежных насосов

Под подбором УЭЦН к нефтяным скважинам понимается определение конкретного типоразмера или типоразмеров установок, обеспечивающих заданную добычу пластовой жидкости из скважины с заданной глубины при оптимальных или близких к оптимальным рабочим показателям, – подаче, напоре, мощности и др. (заштрихованная область на рис. 2).

На предприятии, ведущем разработку Восточно-Ламбейшорского месторождения, подбор оборудования для эксплуатации скважин проводится с помощью специализированного программного обеспечения – программного комплекса «Автотехнолог».

Методика подбора насосных установок для добычи нефти основывается на знаниях законов фильтрации пластового флюида в пласте и призабойной зоне пласта, на законах движения водогазонефтяной смеси по обсадной колонне скважины и по колонне НКТ, на зависимостях гидродинамики электроприводного погружного насоса. Кроме того, в частности для электроприводных насосов, часто необходимо знать точные значения температуры как перекачиваемой жидкости, так и элементов насосной установки, поэтому в методике подбора важное место занимают термодинамические процессы взаимодействия насоса, погружного электродвигателя и токопроводящего кабеля с откачиваемым многокомпонентным пластовым флюидом, термодинамические характеристики которого меняются в зависимости от окружающих условий.

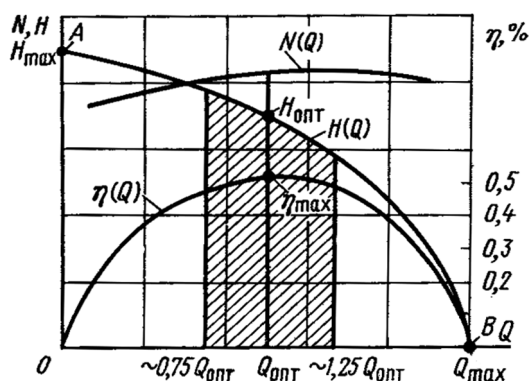


Рисунок 2 – Типичная характеристика погружного центробежного насоса

Расчётные формулы, применяемые в ПК «Автотехнолог»:

1. Плотность смеси на участке «забой скважины – приём насоса»:

$$\rho_{см} = (\rho_в \cdot b + \rho_н \cdot (1 - b)) \cdot (1 - \Gamma) + \rho_г \cdot \Gamma, \quad (1)$$

где $\rho_н$ – плотность сепарированной нефти; $\rho_в$ – плотность пластовой воды; $\rho_г$ – плотность газа в стандартных условиях; Γ – текущее объёмное газосодержание; b – обводнённость пластовой жидкости.

2. Забойное давление, при котором обеспечивается заданный дебит скважины:

$$P_{заб} = P_{пл} - \frac{Q}{K_{прод}}, \quad (2)$$

где $P_{пл}$ – пластовое давление; Q – заданный дебит скважины; $K_{прод}$ – коэффициент-продуктивности скважины.

3. Глубина расположения динамического уровня при заданном дебите жидкости

$$H_{дин} = L_{скв} - \frac{P_{заб}}{\rho_{см} \cdot g}. \quad (3)$$

4. Давление на приёме насоса, при котором газосодержание на входе в насос не превышает предельно допустимое для данного региона (например, $\Gamma = 0,15$):

$$P_{подв} = P_{нас} \cdot (1 - \Gamma)^{\frac{1}{k}}, \quad (4)$$

где k – степень кривой разгазирования.

5. Глубина подвески насоса:

$$H_{подв} = H_{дин} + \int_{P_{затр}}^{P_{нас}} \frac{dP}{\rho_{см}(P)}. \quad (5)$$

6. Температура пластовой жидкости на приёме насоса:

$$T = T_{пл} - (L_{скв} - L) \cdot G_m, \quad (6)$$

где $T_{пл}$ – пластовая температура; G_m – температурный градиент.

7. Объёмный коэффициент жидкости при давлении на входе в насос:

$$B_0 = b + (1 - b) \cdot \left[1 + (B - 1) \cdot \sqrt{\frac{P_{пр}}{P_{нас}}} \right], \quad (7)$$

где B – объёмный коэффициент нефти при давлении насыщения; b – объёмная обводнённость продукции; $P_{пр}$ – давление на входе в насос; $P_{нас}$ – давление насыщения.

8. Дебит жидкости на входе в насос:

$$Q_{пр} = Q \cdot B_0. \quad (8)$$

9. Объёмное количество свободного газа на входе в насос:

$$G_{пр} = G \cdot \left[1 - \frac{P_{пр}}{P_{нас}} \right], \quad (9)$$

где G – газовый фактор.

10. Газосодержание на входе в насос:

$$\beta_{вх} = \frac{1}{(1 + P_{пр}) \cdot \frac{B_0}{G_{пр}}} + 1. \quad (10)$$

11. Расход газа на входе в насос:

$$Q_{г.пр.с} = \frac{Q_{пр} \cdot \beta_{вх}}{(1 - \beta_{вх})}. \quad (11)$$

12. Приведённая скорость газа в сечении обсадной колонны на входе в насос:

$$C = \frac{Q_{г.пр.с}}{f_{скв}}, \quad (12)$$

где $f_{скв}$ – площадь сечения скважины на приёме насоса.

13. Истинное газосодержание на входе в насос:

$$\varphi = \frac{\beta_{вх}}{1 + \left(\frac{C_{пл}}{C} \right) \cdot \beta_{пр}}, \quad (13)$$

где $C_{пл}$ – скорость всплытия газовых пузырьков, зависящая от обводнённости продукции скважины.

14. Работа газа на участке «забой – приём насоса»:

$$P_{Г_1} = P_{нас} \cdot \left(\frac{1}{1 - 0,4 \cdot \varphi} - 1 \right). \quad (14)$$

15. Работа газа на участке «нагнетание насоса – устье скважины»:

$$P_{Г_2} = P_{нас} \cdot \left(\frac{1}{1 - 0,4 \cdot \varphi_{буф}} - 1 \right), \quad (15)$$

где
$$\varphi_{буф} = \frac{\beta_{буф}}{1 + \left(\frac{C_{п}}{C}\right) \cdot \beta_{буф}};$$

$$\beta_{буф} = \frac{1}{(1 + P_{буф}) \cdot \frac{B_{буф о}}{G_{буф}}} + 1. \quad (16)$$

Величины с индексом «буф» относятся к сечению устья скважины и являются «буферными» давлением, газосодержанием и т.д.

16. Потребное давление насоса

$$P = \rho \cdot g \cdot L_{дин} + P_{буф} - P_{Г_1} - P_{Г_2}, \quad (17)$$

где $L_{дин}$ – глубина расположения динамического уровня; $P_{буф}$ – буферное давление; $P_{Г_1}$ – давление работы газа на участке «забой – приём насоса»; $P_{Г_2}$ – давление работы газа на участке «нагнетание насоса – устье скважины».

17. По величине подачи насоса на входе, потребному давлению (напору насоса) и внутреннему диаметру обсадной колонны выбираем типоразмер погружного центробежного (или винтового, диафрагменного) насоса и определяем величины, характеризующие работу этого насоса в оптимальном режиме (подача, напор, КПД, мощность) и в режиме подачи, равной 0 (напор, мощность).

18. Коэффициент изменения подачи насоса при работе на нефтегазовой смеси относительно водяной характеристики:

$$K_{Qv} = 1 - 4,95 \cdot v^{0,85} \cdot Q_{оВ}^{-0,57}, \quad (18)$$

где v – эффективная вязкость смеси; $Q_{оВ}$ – оптимальная подача насоса на воде.

19. Коэффициент изменения КПД насоса из-за влияния вязкости:

$$K_{\eta v} = 1 - \frac{1,95 \cdot v^{0,4}}{Q_{оВ}^{0,27}}. \quad (19)$$

20. Коэффициент сепарации газа на входе в насос:

$$K_c = \frac{1}{1 + \left(\frac{6,02 \cdot Q_{пр}}{f_{ске}}\right)}, \quad (20)$$

где $f_{ске}$ – площадь кольца, образованного внутренней стенкой обсадной колонны и приёмной сеткой насоса.

21. Относительная подача жидкости на входе в насос:

$$q = \frac{Q_{ж.пр}}{Q_{оВ}}, \quad (21)$$

где $Q_{оВ}$ – подача в оптимальном режиме по «водяной» характеристики насоса.

22. Относительная подача на входе в насос в соответствующей точке водяной характеристики насоса:

$$q_{пр} = \frac{Q_{ж.пр}}{Q_{оВ} \cdot K_{Qv}}. \quad (22)$$

23. Газосодержание на приёме насоса:

$$\beta_{пр} = \beta_{ex} \cdot (1 - K_c). \quad (23)$$

24. Коэффициент изменения напора насоса из-за влияния вязкости:

$$K_{Hv} = 1 - \frac{1,07 \cdot v^{0,6} \cdot q_{пр}}{Q_{оВ}^{0,57}}, \quad (24)$$

25. Коэффициент изменения напора насоса с учётом влияния газа:

$$K = \frac{1 - \beta}{(0,85 - 0,31 \cdot q_{пр})^A}, \quad (25)$$

где $A = \frac{1}{15,4 - 19,2 \cdot q_{пр} + (6,8 \cdot q_{пр})^2}.$

26. Напор насоса на воде при оптимальном режиме

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g \cdot K \cdot K_{Hv}}, \quad (26)$$

27. Необходимое число ступеней насоса:

$$Z = \frac{H}{h_{см}}, \quad (27)$$

где $h_{см}$ – напор одной ступени выбранного насоса.

Число Z округляется до большего целочисленного значения и сравнивается со стандартным числом ступеней выбранного типоразмера насоса. Если расчётное число ступеней оказывается больше, чем указанное в технической документации на выбранный типоразмер насоса, то необходимо выбрать следующий стандартный типоразмер с большим числом ступеней и повторить расчёт, начиная с п. 17.

Если расчётное число ступеней оказывается меньше, чем указанное в технической характеристике, но их разность составляет не более 5 %, выбранный типоразмер насоса оставляется для дальнейшего расчёта. Если стандартное число ступеней превышает расчётное на 10 %, то необходимо решение о разборке насоса и изъятии лишних ступеней. Дальнейший расчёт ведётся с п. 18 для новых значений рабочей характеристики.

28. КПД насоса с учётом влияния вязкости, свободного газа и режима работы

$$\eta = K_{Hv} \cdot K_{Hq} \cdot \eta_{оВ}, \quad (28)$$

где $\eta_{оВ}$ – максимальный КПД насоса на водяной характеристике.

29. Мощность насоса:

$$N = \frac{P \cdot Q}{\eta}. \quad (29)$$

30. Мощность погружного двигателя:

$$N_{ПЭД} = \frac{N}{\eta_{ПЭД} \cdot \cos \varphi}, \quad (30)$$

где $\eta_{ПЭД}$ – КПД погружного электродвигателя; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности двигателя при рабочей температуре.

31. Проверяем насос и погружной двигатель на возможность откачки тяжёлой жидкости (жидкости глушения) при освоении скважины:

$$P_{эл} = \rho_{эл} \cdot g \cdot L + P_{буф} + P_{заб} + P_{пл}, \quad (31)$$

где $\rho_{эл}$ – плотность жидкости глушения.

Вычисляем напор насоса при освоении скважины:

$$H_{эл} = \frac{P_{эл}}{\rho_{эл} \cdot g}. \quad (32)$$

Величина $H_{эл}$ сравнивается с H паспортной водяной характеристики. Определяем мощность насоса при освоении скважины:

$$N_{эл} = \frac{P_{эл} \cdot Q}{\eta}. \quad (33)$$

Мощность, потребляемая погружным электродвигателем при освоении скважины:

$$N_{ПЭД.эл} = \frac{N_{эл}}{\eta_{ПЭД} \cdot \cos\varphi}. \quad (34)$$

32. Проверяем установку на максимально допустимую температуру на приёме насоса:

$$T > [T],$$

где $[T]$ – максимально-допустимая температура откачиваемой жидкости на приёме погружного насоса.

33. Проверяем установку на теплоотвод по минимально допустимой скорости охлаждающей жидкости в кольцевом сечении, образованном внутренней поверхностью обсадной колонны в месте установки погружного агрегата и внешней поверхностью погружного двигателя, для чего рассчитываем скорость потока откачиваемой жидкости:

$$W = \frac{Q}{F}, \quad (35)$$

где $F = 0,785 \cdot (D^2 - d^2)$ – площадь кольцевого сечения; D – внутренний диаметр обсадной колонны; d – внешний диаметр ПЭД.

Если скорость потока откачиваемой жидкости W оказывается больше $[W]$ (где $[W]$ – минимально допустимая скорость откачиваемой жидкости), тепловой режим погружного двигателя считается нормальным.

Если выбранный насосный агрегат не в состоянии отобрать требуемое количество жидкости глушения при выбранной глубине подвески, она (глубина подвески) увеличивается на $\Delta L = 10-100$ м, после чего расчёт повторяется, начиная с п. 5. Величина ΔL зависит от наличия времени и возможностей вычислительной техники потребителя.

После определения глубины подвески насосного агрегата по инклинограмме проверяется возможность установки насоса на выбранной глубине (по темпу набора кривизны на 10 м проходки и по максимальному углу отклонения оси скважины от вертикали). Одновременно с этим проверяется возможность спуска выбранного насосного агрегата в данную скважину и наиболее опасные участки скважины, прохождение которых требует особой осторожности и малых скоростей спуска при ПРС.

После окончательного подбора глубины спуска скважинного агрегата выбирается тип кабеля (по рабочему току и температуре откачиваемой жидкости) и типоразмер трансформатора (по рабочему току и напряжению). После окончания подбора оборудования определяется мощность, потребляемая установкой:

$$N_{потр} = N_{ПЭД} + \Delta N_{каб} + \Delta N_{тр}, \quad (36)$$

где $\Delta N_{каб} = \frac{3 \cdot I^2 \cdot L \cdot \rho_t}{S}$ – потери мощности в кабеле.

Здесь I – рабочий ток ПЭД; L – длина токопроводящего кабеля; ρ_t – сопротивление погонного метра кабеля при рабочей температуре; S – площадь поперечного сечения жил кабеля.

$\Delta N_{тр} = (1 - \eta_{тр}) \cdot (N_{ПЭД} + \Delta N_{каб})$ – потери мощности в трансформаторе;

где $\eta_{тр}$ – КПД трансформатора.

Подбор электроцентробежного насоса для эксплуатации скважины № 6 Восточно-Ламбейшорского месторождения

Скважина № 6 эксплуатируется с наименьшим дебитом жидкости, наблюдается увеличение обводнённости, что сокращает срок фонтанной эксплуатации скважины. Расчёты по подбору ГНО проведены в программном комплексе «Автотехнолог». В таблицах 1 и 2 представлены исходные данные, внесённые в специальную форму программы (рис. 3), необходимые для проведения расчётов.

На рисунке 4 представлен процесс заполнения формы ПК «Автотехнолог» «Инклинометрия».

Далее в соответствии с руководством пользователя ПК «Автотехнолог» выполнен подбор электроцентробежного насоса к скважине.

Результат подбора представлен в таблице 3.

Напорная характеристика насоса представлена на рисунке 5.

Рекомендуется спуск подземного оборудования в исполнении КЗ, полная компоновка оборудования представлена на рисунке 6.

Таблица 1 – Общие данные, необходимые для проведения расчётов

Параметры	Значения
Планируемый дебит жидкости, м ³ /сут.	250
Длина до верхней границы перфорации, м	3711
Длина подвески насоса, м	2605
Содержание механических примесей, мг/л	12
Давление буферное, МПа	1,9
Давление затрубное, МПа	4,8
Обводнённость, доли ед.	0,3
Внутренний диаметр обсадной колонны (секция 1 2 3), мм	168
Длина (секция 1 2 3), м	3827
Минимальный наружный диаметр НКТ, мм	73
Толщина стенки НКТ, мм	7
Коэффициент продуктивности, м ³ /МПа · сут.	3,66

Таблица 2 – Параметры пласта

Параметры	Значения
Название пласта	D ₃ fm ₁ (zd)
Содержание H ₂ S + CO ₂ , %	8,08
Газовый фактор, м ³ /м ³	202
Плотность нефти, кг/м ³	824
Плотность воды, кг/м ³	1135
Плотность газа, кг/м ³	0,833
Пластовое давление, МПа	39,5
Давление насыщения, МПа	21,8
Степень кривой разгазирования	3,5
Температура пласта, °С	91,6
Температурный градиент, °/м	0,03
Содержание АСПО, %	5,6
Температура выпадения АСПО, °С	30
Объёмный коэффициент нефти	1,41

Общие данные		Пласт	Инклинограмма	Оборудование	Скважина
Планируемый дебит жидкости, куб.м/сут:					
Длина до верхней границы перфорации, м:					
Длина подвески насоса, м:					
Динамический уровень, м:					
Содержание мех. примесей, мг/л:					
Давление буферное, МПа:					
Давление затрубное, МПа:					
Обводненность, ед.:					
Минимальный наружный диаметр НКТ, мм:					
Толщина стенки НКТ, мм:					
Коэффициент продуктивности, куб.м/МПа*сут.:			Кпр(Нд)		
Учесть поправку Вогеля	<input type="checkbox"/>	PVT:	стандарт		
Обсадная колонна		ГОСТ 632-88: -			
		Секции		№1	
Число секций (1-3):	1	Внутренний диаметр, мм:	148		
		Длина, м:	2700		

Тип насоса

Штанговый насос

Штанговый винтовой насос

Электроприводной насос

Насос и двигатель одного изготовителя

любой страны


только отечественное оборудование

только импортное оборудование

Выбирать оборудование

из всего описанного

только из склада



Подбор ЭЦН, ЭВН, ЭДН

Общие данные		Пласт	Инклинограмма	Оборудование	Скважина
Вскрытые пласты					
в справочнике по месторождению	Название пласта:				
	Содержание $H_2S+CO_2, \%$:				
	Газовый фактор, куб.м/куб.м:				
	Динамическая вязкость нефти, Па*с:				
	Плотность газа, кг/куб.м:				
	Плотность воды, кг/куб.м:				
	Плотность нефти, кг/куб.м:				
	Пластовое давление, МПа:				
	Давление насыщения, МПа:				
	Степень кривой разгазирования:	f-y _{вх}			
	Температура пласта, °С:				
	Температурный градиент, °С /м:				
	Содержание АСПО, %:				
	Температура выпадения АСПО, °С:				
Объемный коэффициент нефти:					

Тип насоса

Штанговый насос

Штанговый винтовой насос

Электроприводной насос

Насос и двигатель одного изготовителя

любой страны


только отечественное оборудование

только импортное оборудование

Выбирать оборудование

из всего описанного

только из склада



Подбор ЭЦН, ЭВН, ЭДН

Рисунок 3 – Форма ПК «Автотехнолог» по вводу исходных данных

Общие данные | Пласт **Инклинограмма** | Оборудование | Скважина

Длина м	Азимут град.	Зенит		
		град. дес.	град.	мин.
0	0	0	0	0
200	0	0	0	0
400	0	0	0	0
600	0	0	0	0
800	0	0	0	0
1000	0	5	5	0
1200	0	10	10	0
1400	0	15	15	0
1600	0	20	20	0
1800	0	20	20	0
2000	0	15	15	0
2200	0	10	10	0
2400	0	5	5	0
2600	0	5	5	0

Первая колонка является **длиной**

Добавить | Вставить | Удалить | Файл... | Авто + 20

Параметры подбора

Тип насоса

Штанговый насос

Штанговый винтовой насос

Электроприводной насос

Насос и двигатель одного изготовителя

любой страны

только отечественное оборудование

только импортное оборудование

Выбирать оборудование

из всего описанного

только из склада

Подбор ЭЦН, ЭВН, ЭДН

Рисунок 4 – Форма ПК «Автотехнолог» вкладка «Инклинограмма»

Таблица 3 – Результат подбора ЭЦН для эксплуатации скважины № 6

Предлагаемое оборудование и режим	Скважина № 6
Насос	ЭЦНКИ5А-250-2300
Длина подвески насоса, м	2605
Коэффициент подачи	1,0
Дебит нефти, тонн/сут.	160,4
Дебит жидкости, м ³ /сут.	250,0
Обводнённость, %	30

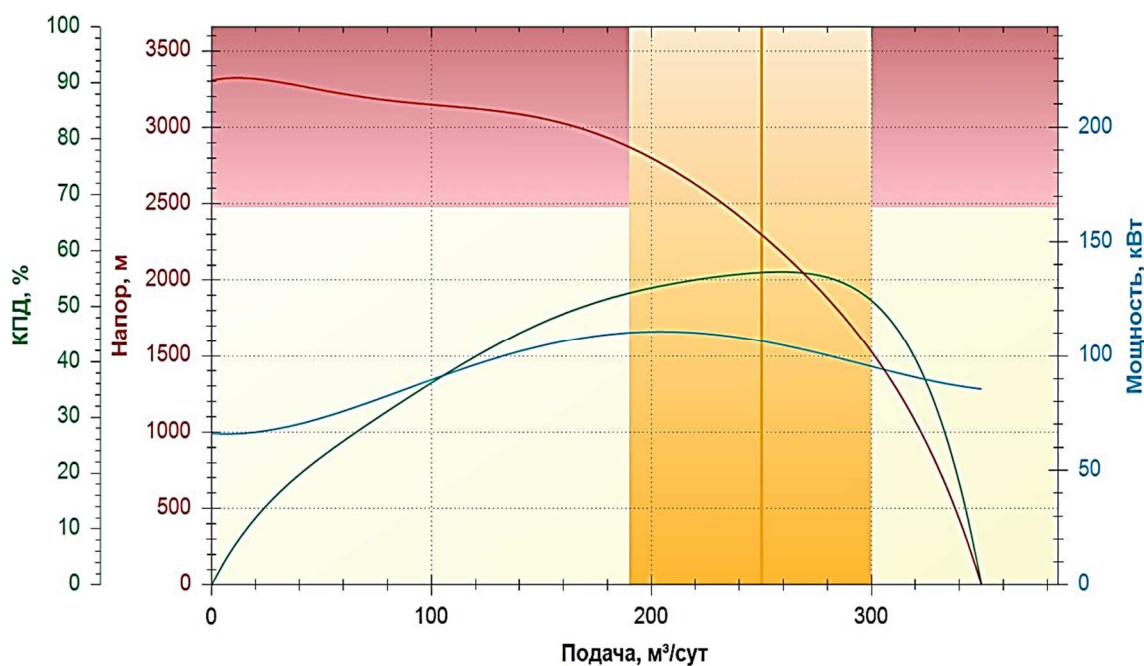


Рисунок 5 – Напорная характеристика ЭЦН5А-250-2300

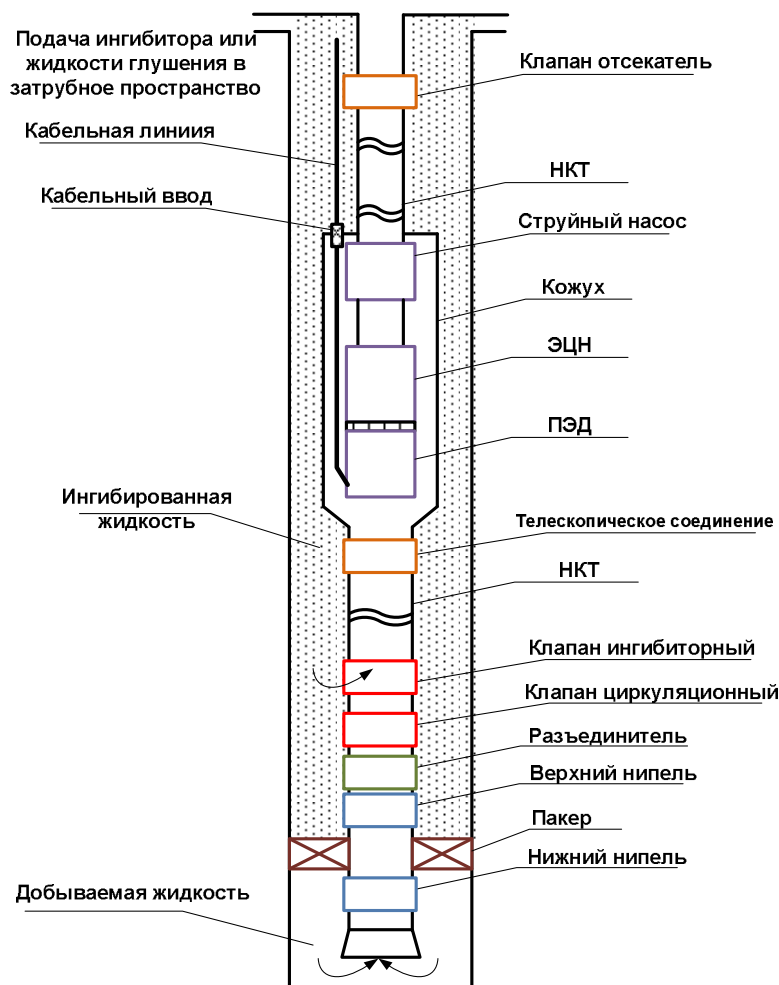


Рисунок 6 – Компоновка подземного оборудования

Выводы и рекомендации

Так как скважина № 6 эксплуатируется с наименьшим дебитом жидкости и наблюдается увеличение обводнённости, что сокращает срок фонтанной эксплуатации скважины, был подобран оптимальное насосное оборудование – ЭЦН5А-250-2300.

Рекомендуется установить данный насос при значительном снижении дебита или прекращении фонтанирования.

Литература

1. Авторский надзор за реализацией Технологической схемы разработки Восточно-Ламбейшорского месторождения. – Ухта : Филиал «ПечорНИПИнефть», 2015. – 267 с.
2. 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.
3. Варламов П.С. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
4. Иванова Т.Н. Конструкторско-технологическое обеспечение способов одновременно-раздельной эксплуатации многопластовых объектов месторождений / Т.Н. Иванова [и др.]. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2020. – 276 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. Ладенко А.А. Геофизические исследования скважин на нефтегазовых месторождениях / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с.
7. Попов В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах : учеб.пособие / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2017. – 326 с.

8. Попов В.В. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 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. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 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 : в 2 ч. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
13. Абзалов А.В. Анализ причин отказов и разработка мероприятий по совершенствованию работы скважин Черногорского месторождения, оборудованных центробежными насосами / А.В. Абзалов, О.В. Савенок // III Международная научно-практическая конференция «Научный потенциал вуза – производству и образованию», посвящённая 75-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. Сборник научных статей (4–5 декабря 2020 года, г. Армавир). – Армавир : АМТИ, 2020.
14. Александров А.Н. Повышение эффективности эксплуатации скважин электроцентробежными насосами в условиях образования асфальтосмолопарафиновых отложений / А.Н. Александров, М.К. Рогачёв // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 1. – С. 14–19.
15. Ахриев К.Р. Анализ эффективности применения установок электроцентробежных насосов на Ново-Покурском нефтяном месторождении / К.Р. Ахриев, О.В. Савенок, А.Л. Яковлев // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 4. – С. 275–297.
16. Баландин Л.Н. Подбор материалов для электроцентробежных насосов с целью уменьшения электрохимического взаимодействия / Л.Н. Баландин, И.Л. Баландин, О.С. Трошина // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 69–71.
17. Боровик О.В. Анализ эффективности работы УЭЦН на месторождениях Краснодарского края / О.В. Боровик, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 2. – С. 34–61.
18. Боровик О.В. Анализ применения системы байпасирования Y-Tool для исследования под действующей УЭЦН на месторождениях Краснодарского края / О.В. Боровик, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 2. – С. 62–81.
19. Грибенников О.А. Вопрос оптимизации работы УЭЦН на примере Бобровского месторождения «Оренбургнефть» / О.А. Грибенников, М.Ю. Шумахер, О.Н. Рудь // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 144–148.
20. Иванова Т.Н. Анализ эффективности применяемых установок штанговых глубинных насосов в условиях добычи высоковязкой нефти / Т.Н. Иванова [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 218–224.
21. Мехоношин В.А. Подбор установки электроцентробежного насоса к нефтяной скважине Лыаельской площади Ярегского месторождения / В.А. Мехоношин, О.В. Савенок // 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. 282–292.
22. Савенок О.В. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / О.В. Савенок, Л.В. Поварова, А.С. Скиба // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 164–167.
23. Савенок О.В. Применение установок электроцентробежных насосов на Ванкорском нефтегазоконденсатном месторождении / О.В. Савенок, В.И. Мажник // XXIII Международная научно-практическая конференция «Инновация-2018». Сборник научных статей (26–27 октября 2018 года, г. Ташкент). Секция 2. Инновационные процессы в отраслях экономики. – Ташкент, 2018. – С. 103–105.
24. Суховерова П.А. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех: материалы II Международной научно-практической конференции (17 апреля 2021 года, г. Краснодар) : в 2 т. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2021. – С. 227–231.
25. Талеев А.Е. Анализ текущего состояния и мероприятия по контролю за разработкой Восточно-Ламбейшорского месторождения / А.Е. Талеев, О.В. Савенок // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 253–260.
26. Талеев А.Е. Анализ геолого-промысловой информации Восточно-Ламбейшорского месторождения / А.Е. Талеев, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 216–225.

27. Чернокнижный Д.В. Оптимизация работы установок электроцентробежных насосов на Первомайском нефтяном месторождении / Д.В. Чернокнижный, О.В. Савенок // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 1. – С. 124–149.
28. Яруллин Д.Р. Оценка эффективности эксплуатации электроцентробежных насосов в условиях Фаинского месторождения / Д.Р. Яруллин, М.К. Исламов // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 281–283.
29. Свалов А.М. Патент РФ № 2579039. Способ разработки низкопроницаемых нефтегазовых пластов. Дата подачи заявки: 24.04.2015. Дата публикации патента: 27.03.2016. Патентообладатели: А.М. Свалов, В.Г. Григулецкий.
30. «Автотехнолог»: программа подбора нефтедобывающего оборудования: руководство пользователя / РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. – М. : ЦОНИК, 2008. – 115 с.

References

1. Author's supervision of the implementation of the Technological Scheme for the development of the East Lambeishor field. – Ukhta : Branch of PechornIPIneft, 2015. – 267 p.
2. Bulatov A.I. Scientific foundations and practice of oil and gas well development / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremiychuk. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2016. – 576 p.
3. Varlamov P.S. Reservoir testing equipment for hydrodynamic studies of oil and gas well formations / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa polygraph plant, 2004. – 620 p.
4. Ivanova T.N. Design and technological support of methods of simultaneous-separate operation of multi-layer field facilities / T.N. Ivanova [et al.]. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2020. – 276 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. Ladenko A.A. Geophysical studies of wells at oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
7. Popov V.V. Geophysical research and work in wells : textbook / V.V. Popov and others – Novocherkassk : Publishing House «Lik», 2017. – 326 p.
8. Popov V.V. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
9. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FSBOU VO KubSTU, 2019. – 275 p.
10. Owllet O.V. Oil and gas engineering at development of wells / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremiychuk. – M. : Infra-Inzheneriya, 2019. – 548 p.
11. Owllet O.V. Ecological aspects at construction of oil and gas wells : monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M.; Vologda : Infra-Inzheneriya, 2021. – 652 p.
12. Owllet O.V. Proektirovaniye of development of oil fields: studies. Grant : in 2 part. – Ukhta : Publishing house of the Ukhta state technical university, 2021.
13. Abzalov A.V. The analysis of causes of failures and development of actions for improvement of work of the wells of the Montenegro field equipped with centrifugal pumps / A.V. Abzalov, O.V. Savenok // The III International academic and research conference «Scientific Capacity of Higher Education Institution – to Production and Education» devoted to the 75 anniversary of the Victory of the Soviet people in the Great Patriotic War of 1941–1945: collection of scientific articles (on December 4–5, 2020, Armavir). – Armavir: AMTI, 2020.
14. Aleksandrov A.N. Improving the efficiency of well operation with electric centrifugal pumps in conditions of formation of asphalt-resin-paraffin deposits / A.N. Alexandrov, M.K. Rogachev // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 1. – P. 14–19.
15. Akhriev K.R. Analysis of efficiency of application of electric centrifugal pumps at Novopokurskoye oil field / K.R. Akhriev, O.V. Savenok, A.L. Yakovlev // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 4. – P. 275–297.
16. Balandin L.N. Selection of materials for electric centrifugal pumps in order to reduce electrochemical interaction / L.N. Balandin, I.L. Balandin, O.S. Troshina // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 69–71.
17. Borovik O.V. Analysis of the performance of UECN at the fields of the Krasnodar Territory / O.V. Borovik, O.V. Savenok // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 2. – P. 34–61.
18. Borovik O.V. Analysis of the application of the Y-Tool bypass system for research under the current UECN at the fields of the Krasnodar Territory / O.V. Borovik, O.V. Savenok // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 2. – P. 62–81.
19. Gribennikov O.A. The issue of optimizing the work of UETsN on the example of the Bobrovsky field «Orenburgneft» / O.A. Gribennikov, M.Yu. Schumacher, O.N. Rud // Bulatov readings. – 2018. – Vol. 2. – Part 1. – P. 144–148.

20. Ivanova T.N. Analysis of the efficiency of the applied sucker rod deep pump plants in the conditions of high-viscosity oil production / T.N. Ivanova [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 218–224.
21. Mekhonoshin V.A. Selection of the installation of an electric centrifugal pump to the oil well of the Lyaelskaya square of the Yaregskoye field / V.A. Mekhonoshin, O.V. Savenok // Innovative technologies in the production of building materials and structures: a collection of scientific works of the International Symposium (November 27–28, 2020, Tashkent). Tashkent : Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan, Tashkent Institute of Architecture and Construction, 2020. – P. 282–292.
22. Savenok O.V. Features of the operation of production wells in Western Siberia / O.V. Sawreath, L.V. Povarova, A.S. Skiba // Bulatov readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 164–167.
23. Savenok O.V. Application of electric centrifugal pumps at the Vankorskoye oil and gas condensate field / O.V. Savenok, V.I. Majnik // XXIII International Scientific and Practical Conference «Innovation-2018». Collection of scientific articles (October 26–27, 2018, Tashkent). Section 2. Innovative processes in economic sectors. – Tashkent, 2018. – P. 103–105.
24. Sukhoverova P.A. Solving the problem of the negative influence of mechanical impurities on UECN using the example of the Lomovoy deposit / P.A. Sukhoverov [et al.] // Science. A new generation. Success: materials of the II International Scientific and Practical Conference (April 17, 2021, Krasnodar) : in 2 vol. – Krasnodar: Publishing House – South LLC, 2021. – P. 227–231.
25. Taleev A.E. Analysis of the current state and measures to control the development of the Vowaste-Lambeishorskoye field / A.E. Taleev, O.V. Savenok // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 253–260.
26. Taleev A.E. Analysis of geological and field information of the East Lambeishor birthplace / A.E. Taleev, O.V. Savenok // Science. Technology. Technology (Polytechnic West). – 2021. – № 2. – P. 216–225.
27. Chernoknizhny D.V. Optimizing the operation of electric centrifugal pumps at the Pervomaisky oil field / D.V. Chernoknizhny, O.V. Savenok // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2018. – № 1. – P. 124–149.
28. Yarullin D.R. Evaluation of the operation efficiency of electric centrifugal pumps in the conditions of the Fainsky field / D.R. Yarullin, M.K. Islamov // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 281–283.
29. Svalov A.M. Patent of the Russian Federation No. 2579039. Method for development of low-permeability oil and gas reservoirs. Application Date: 24.04.2015. Patent publication date: 27.03.2016. Patent holders: A.M. Svalov, V.G. Griguletsky.
30. Avtotekhog: oil equipment selection program: User's Manual / I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas. – M. : TsONIK, 2008. – 115 p.

УДК 622.276

**АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЕНИСОВСКОЙ ПЛОЩАДИ**



**ANALYSIS OF GEOLOGICAL AND FIELD CHARACTERISTICS
OF A GROUP OF FIELDS OF THE DENISOVSKAYA SQUARE**

Ковалев Андрей Игоревич

студент направления подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный
технический университет»
k0vandrei@yandex.ru

Савенок Ольга Владимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных
и газовых месторождений и подземной гидромеханики,
Ухтинский государственный технический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье описан поиск экономически целесообразного и технологически оптимального сценария промышленного освоения группы нефтегазоконденсатных месторождений Денисовской площади (Лидского ГКМ, Варейского ГКМ, Вартовского ГКМ, Карповского ГКМ и Корского ГКМ) Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Развитие добычи углеводородного сырья в Ненецком автономном округе осложнено суровыми климатическими условиями, непростой геокриологической обстановкой и практически полным отсутствием транспортной инфраструктуры. В этой связи концепция освоения месторождений должна иметь как комплексный, так и поэтапный характер, что позволит оптимизировать использование созданной на первых этапах разработки инфраструктуры и осуществлять её развитие при вовлечении в процесс промышленного освоения новых месторождений группы.

Ключевые слова: геолого-промысловая характеристика группы месторождений; Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция; региональные геологические условия; геологическое строение месторождений; литолого-стратиграфический разрез месторождений; петрофизические характеристики продуктивных пластов; начальные запасы газа и товарной нефти.

Kovalev Andrey Igorevich

Student Training Direction
21.04.01 «Oil and Gas Engineering»
Ukhta State Technical University

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 describes the search for an economically feasible and technologically optimal scenario for the industrial development of a group of oil and gas condensate fields in the Denisovskaya area (Lidskoye gas and condensate field, Vareyskoye gas and condensate field, Vartovskoye gas and condensate field, Karpovskoye gas and condensate field and Korskoye gas and condensate field) of the Timan-Pechora oil and gas province. The development of hydrocarbon production in the Nenets Autonomous Okrug is complicated by the harsh climatic conditions, difficult geocryological conditions and the almost complete absence of transport infrastructure. In this regard, the concept of field development should have both an integrated and a phased nature, which will optimize the use of the infrastructure created at the first stages of development and carry out its development with the involvement of the group in the process of industrial development of new fields.

Keywords: geological and commercial characteristics of a group of deposits; Timan-Pechora oil and gas province; regional geological conditions; geological structure of deposits; lithological and stratigraphic section of deposits; petrophysical characteristics of productive formations; initial reserves of gas and commercial oil.

Региональные геологические условия

В географическом отношении месторождения находятся в северо-западной арктической части Большеземельской тундры, в нижнем течении бассейна р. Печоры и её правых притоков (р. Шапкина, Лая, Ортина). Рельеф местности представляет собой слабо всхолмленную, сильно заболоченную тундру, покрытую множеством озёр, проток, стариц. Абсолютные отметки рельефа колеблются от + 3 м в долинах рек до + 240 м на водораздельных участках. В ордовикский-среднедевонский период новой активности старых байкальских линейных элементов возникли локальные грабены, полуграбены и ряд антиклиналей. Накопление (в большом количестве) осадочного материала в этих грабенах продолжалось вплоть до периода позднепалеозойского герцинского орогенеза, приведшего к обра-

зованию Уральских гор. Тектоническая активность сопровождалась процессами сжатия, и Тимано-Печорская провинция в целом представляет собой асимметричную складчатую структуру, граничащую на западе с Восточно-Тиманским мегавалом протерозойского возраста, а на востоке – с Уральскими горами герцинского орогенеза. Вдоль Уральских гор образовался краевой прогиб, к которому приурочена провинция, а на западе крупные взбросы привели в инверсии локальных грабенов с образованием поднятий и валов, с которыми связана рассматриваемая нефтегазоносность.

Разрез осадочного чехла Денисовской площади представлен в целом карбонатами стабильной верхнеордовикской-нижнепермской платформы, перемежающимися комплексами обломочных пород, и обломочными породами нижней перми – триаса, связанными с уральским орогенезом. Стратиграфический разрез представлен на рисунке 1.

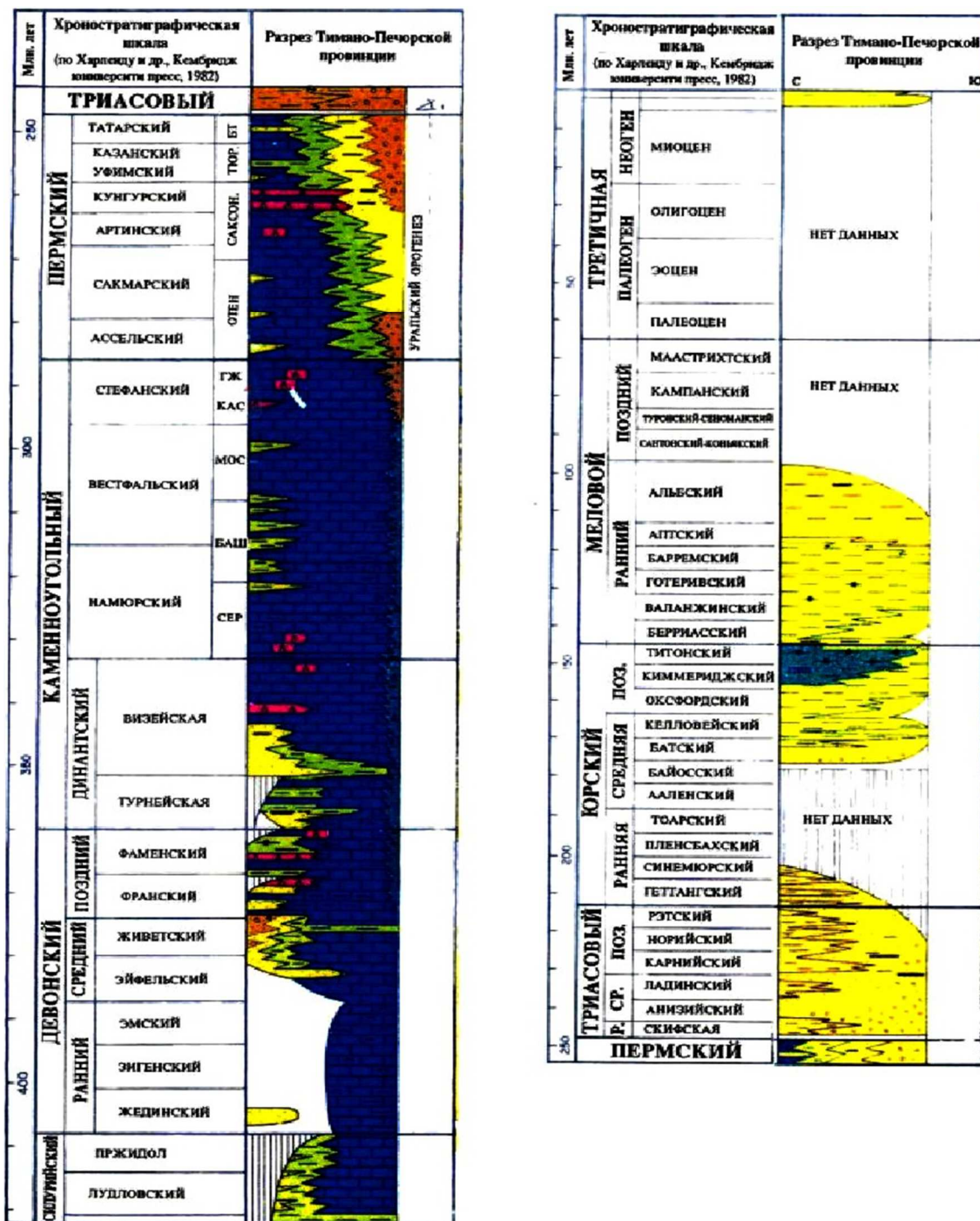


Рисунок 1 – Стратиграфический разрез Тимано-Печорской провинции (по Зиглеру, 1988)

Отложения моложе юры или карбона имеют небольшую мощность или отсутствуют вовсе.

К наиболее важным нефтегазоматеринским породам относятся бескислородные глины девона и верхней юры, с которыми связаны промышленные залежи нефти и газа в пластах-коллекторах верхнедевонско-нижнетриасового разреза. Почти половина запасов газа исследуемого района приурочена к карбонатам карбона – нижней перми, залегающим на глубине 2000–2400 м.

Геологическое строение месторождений

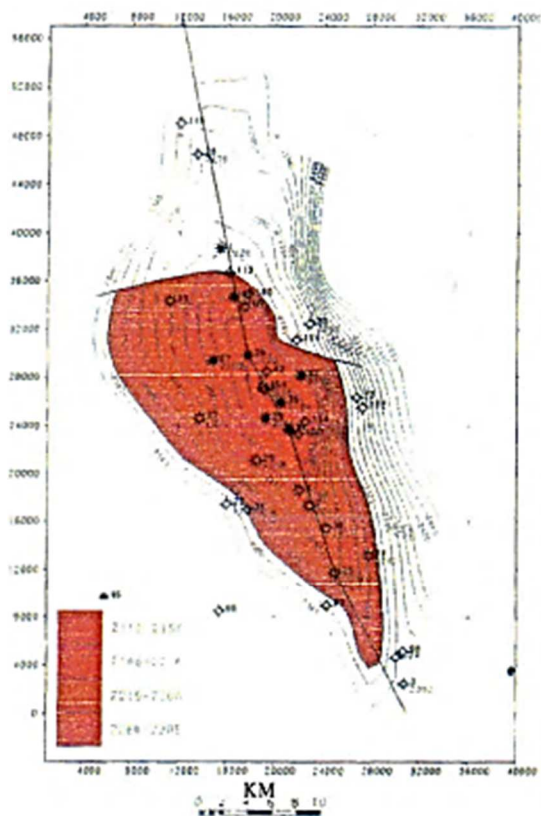
В структурном отношении все месторождения представляют собой антиклинальные складки, приуроченные к сводовой части валов субмеридионального простирания, а именно с востока на запад – Лайского (Лидское) и Шапкино-Юрьянского вала (Варейское, Вартовское, Карповское, Корское месторождения). Геологическая карта Денисовской площади представлена на рисунке 2.



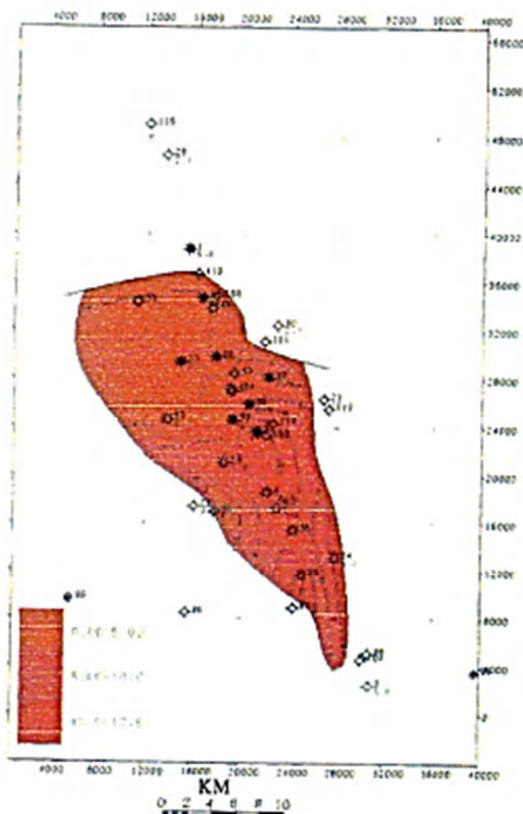
Рисунок 2 – Геологическая карта Денисовской площади

Лидское, Варейское, Вартовское, Карповское и Корское месторождения представляют собой антиклинальные складки субмеридионального простирания, каждое с одной крупной массивной залежью в отложениях карбона и, за исключением Варейского, пластовыми залежами в карбонатах пермского отдела. Карты и разрезы этих месторождений показаны на рисунках 3–7.

Объект P1sa+I
Карта по кровле пласта



Карта эффективных газонасыщенных толщин



Разрез месторождения

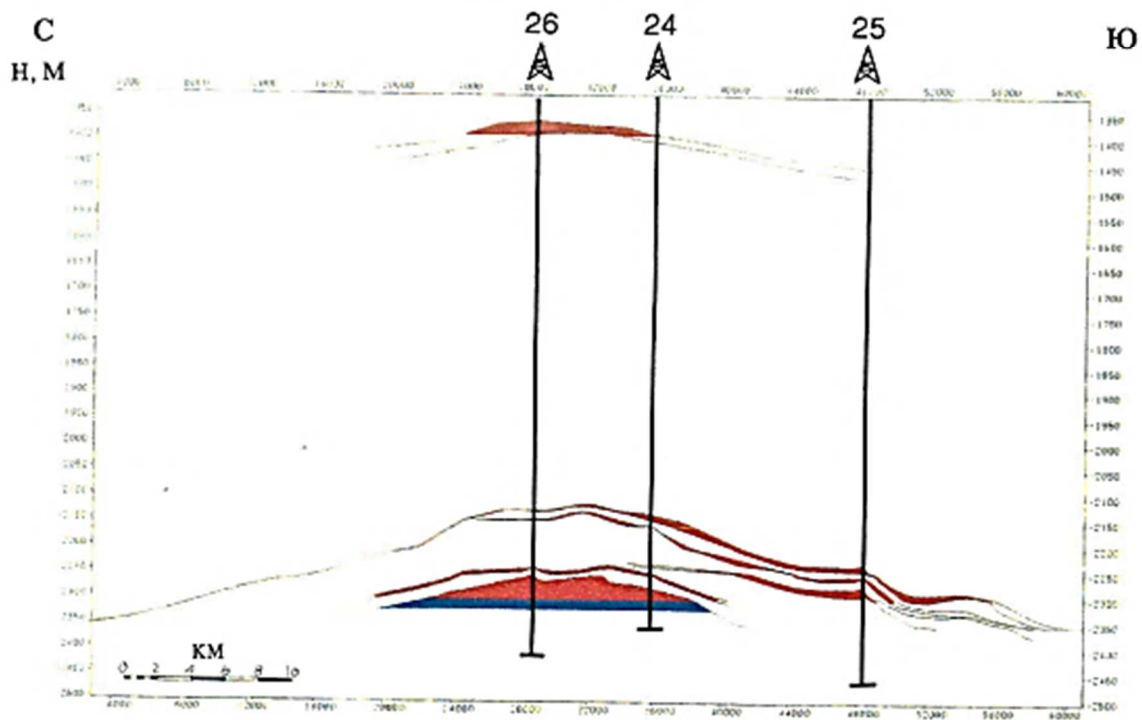
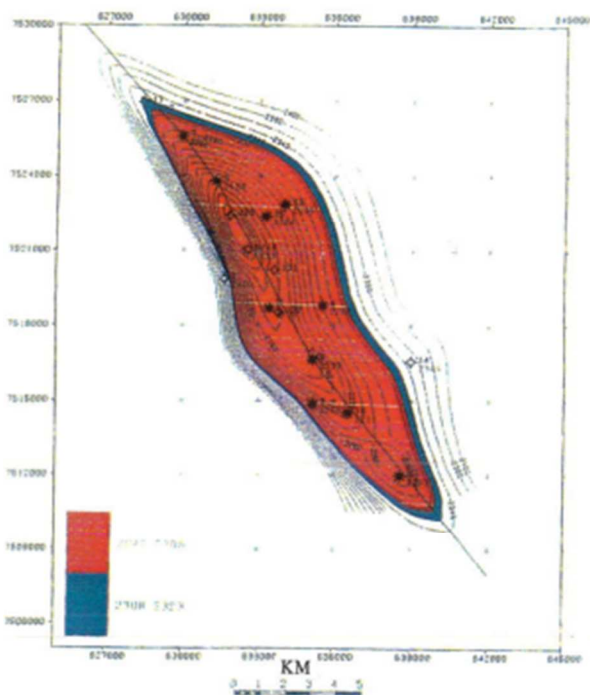
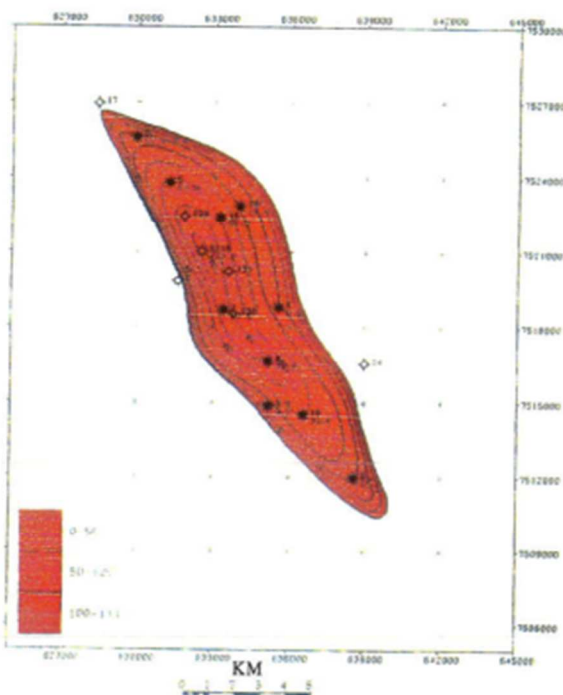


Рисунок 3 – Карта и разрез Лидского месторождения

Объект С2+С3
Карта по кровле пласта



Карта эффективных
газонасыщенных толщин



Разрез месторождения

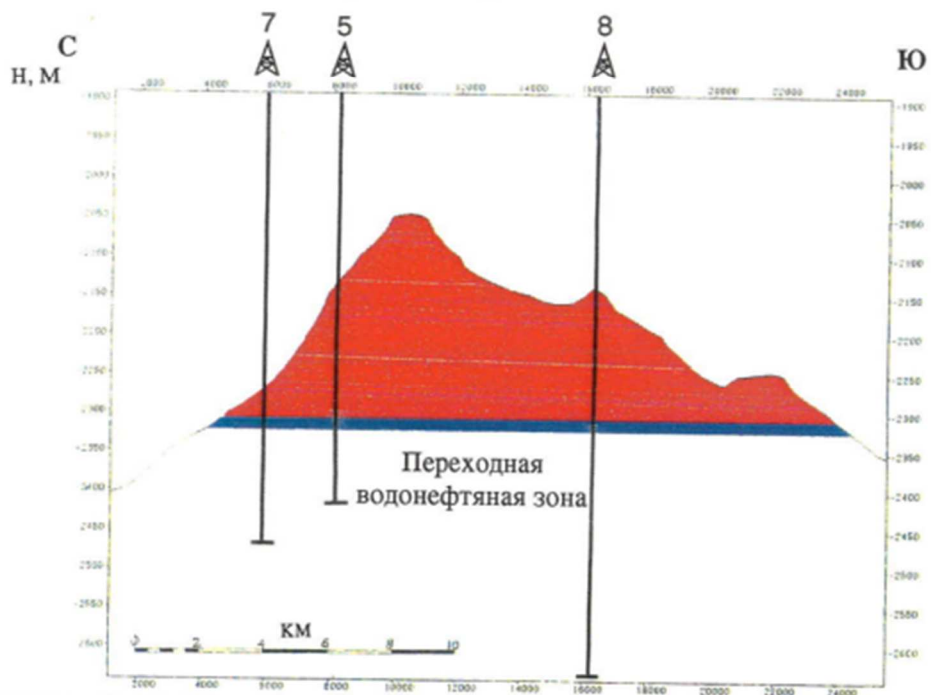


Рисунок 4 – Карта и разрез Варейского месторождения

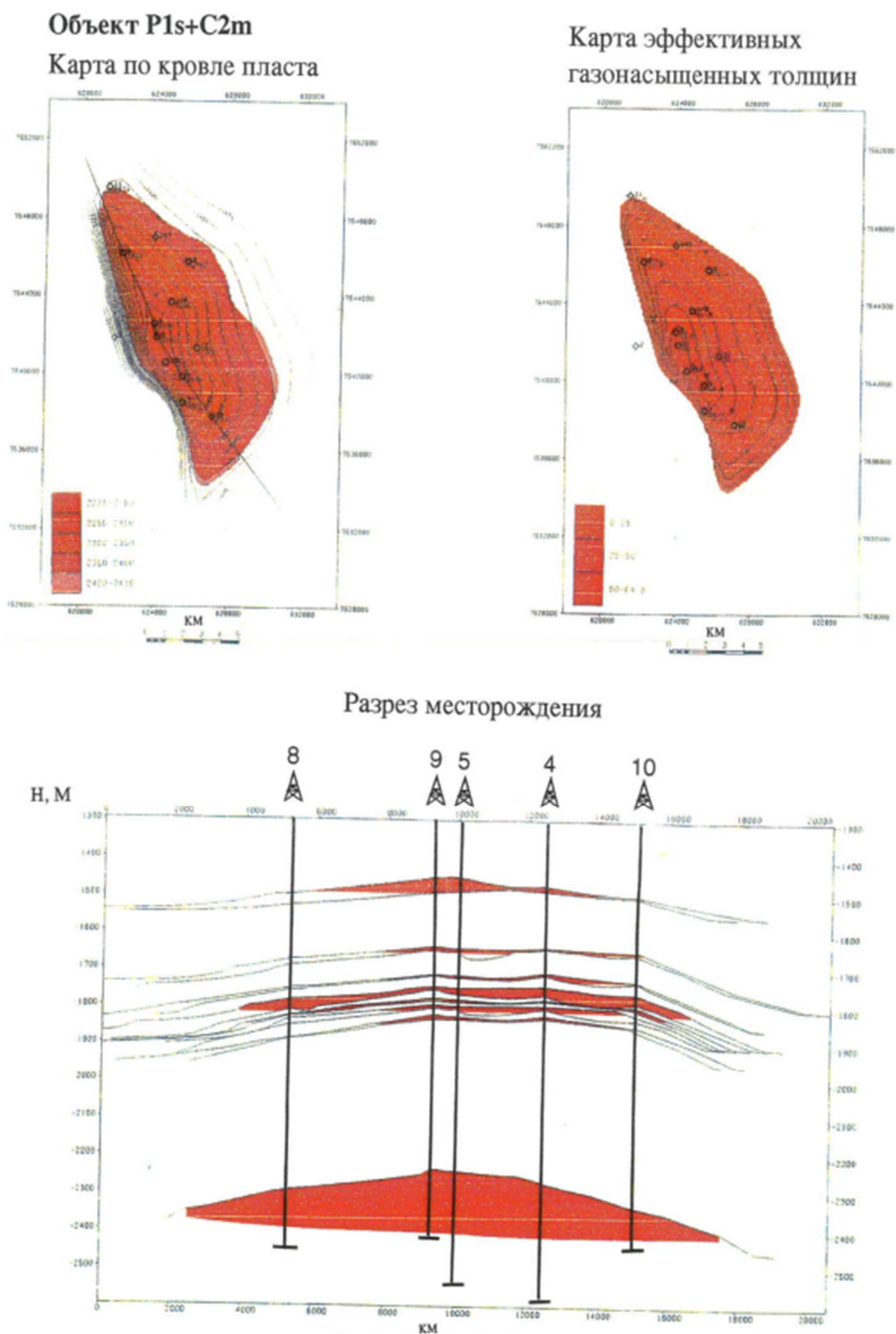


Рисунок 5 – Карта и разрез Вартовского месторождения

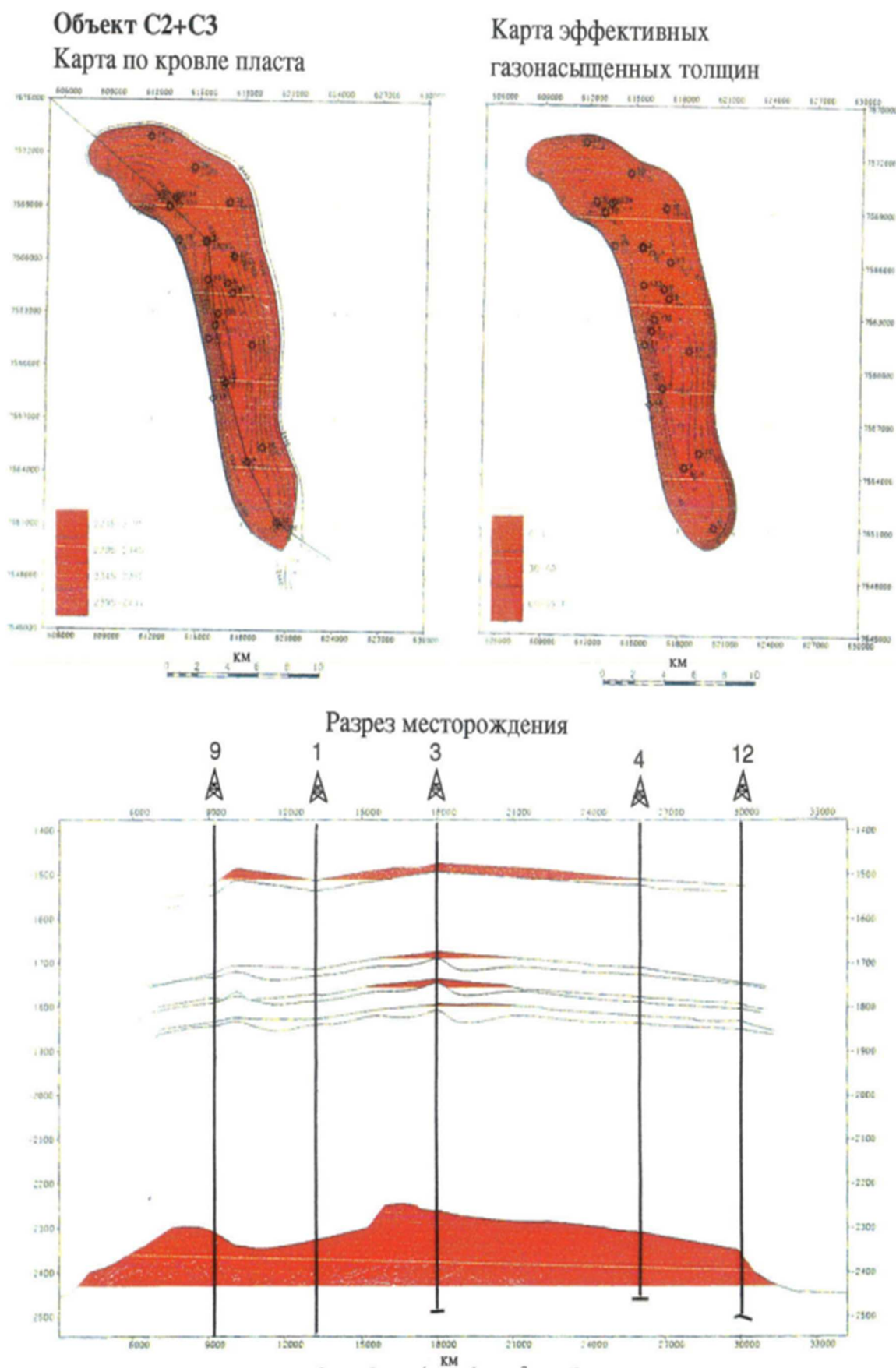


Рисунок 6 – Карта и разрез Карповского месторождения

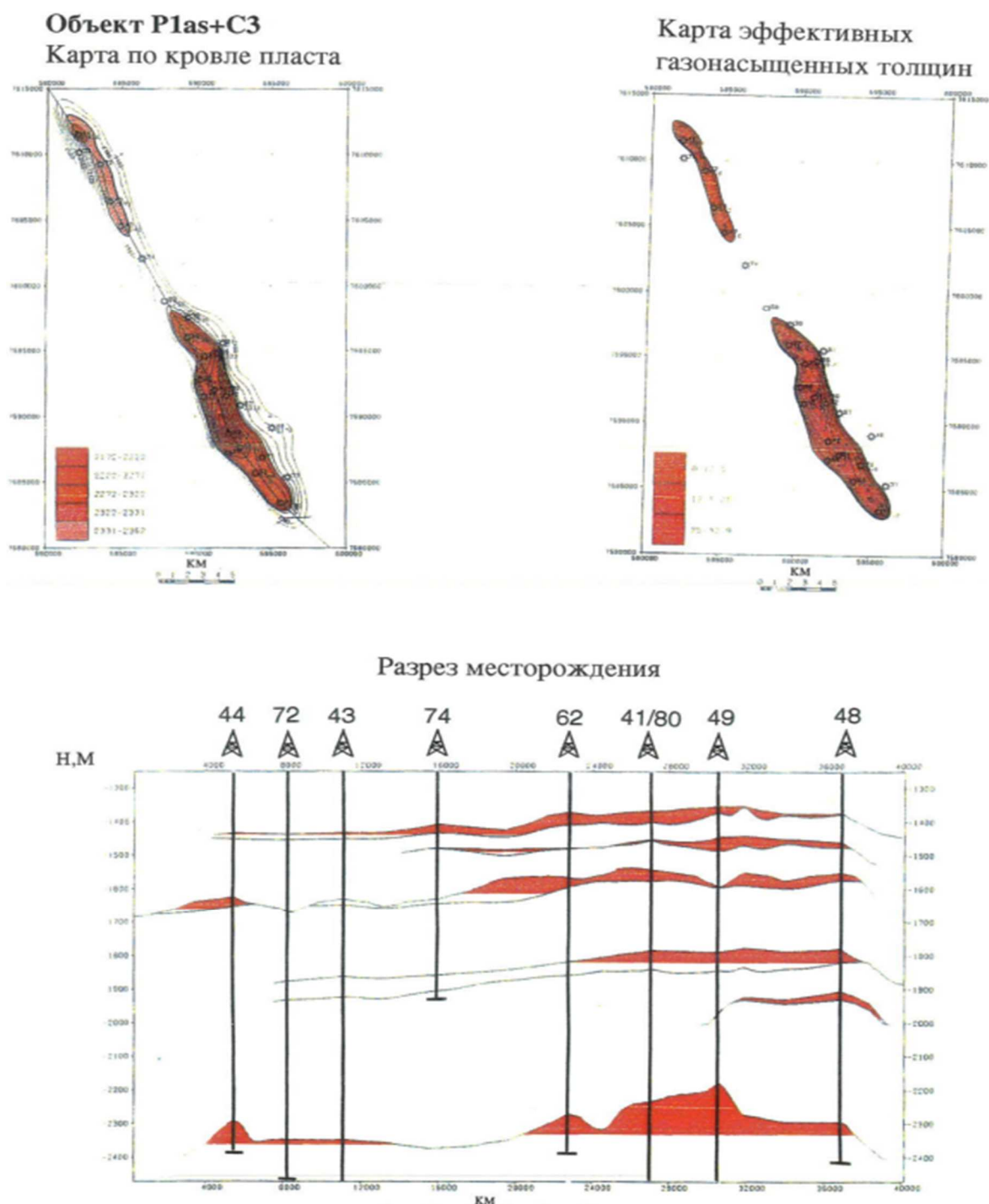


Рисунок 7 – Карта и разрез Корского месторождения

Массивные залежи приурочены к комплексу карбонатных отложений, расчленённому на несколько пластов. Абсолютная глубина кровли этого комплекса колеблется от 2100 до 2300 м по месторождениям, а максимальная высота складки – от 80 м на Лидском до 270 м на Варейском месторождении.

В пределах пермского отдела абсолютная глубина кровли пластов, к которым приурочены пластовые залежи, изменяется от 1530 до 2300 м. На Лидском месторождении пласты P_{Isa-I} , P_{Isa-II} и $P_{Isa-III}$ стратиграфически выклиниваются по восстанию в северном направлении.

В перекрывающем осадочном чехле нижнего триаса также установлены газовые залежи на Карповской и Корской структурах (рис. 6 и 7). У Карповской складки глубина залегания кровли 1500 м при максимальной высоте складки 25 м, а у Корской – соот-

ветственно 1380 и 90 м. Газоносность выявлена также в обломочных породах триаса в Лидской (на абсолютной отметке 1350 м, высота 16 м) и Вартовской складках (глубина 1500 м, высота 24 м).

Литолого-стратиграфический разрез месторождений

На рисунке 8 показано относительное стратиграфическое положение продуктивных пластов по месторождениям. Резкое изменение литотипов на границах ярусов отсутствует.

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ			Шапкино-Юрьяхинский вал				Лайский вал
Система	Группа	Ярус	Коровинское	Кумжинское	Василковское	Ванейвисское	Лаявожское
Т	Т ₁						
		Р	Р ₂	kz+t			
u							
Р ₁	kg						
	ar						
	s						
	a						
С	С ₃	g					
		k					
	С ₂	m					
		b					
	С ₁	s					
		v					
	t						
D	D ₃	fr					

Рисунок 8 – Продуктивные пласты месторождений Денисовской площади

Газоносность связана с различными горизонтами, начиная с шельфовых и рифовых карбонатов верхнего девона и заканчивая конгломератами нижнего триаса. Ниже рассмотрены условия осадконакопления и коллекторские свойства по основным продуктивным горизонтам каждого месторождения.

Верхний девон Франский ярус (D_{3fr})

Карбонаты пласта D_{3fr} представлены только в продуктивной толще месторождения. Литофации этих осадочных пород интерпретируются как карбонатные постройки верхней части внешнего склона платформы с мелководными фациями на северо-западе и глубоководными смешанными карбонатными и кремнисто-обломочными на юго-востоке. Хотя по ГИС продуктивный комплекс коррелируется как одна массивная пачка, коллектор по керну представлен четырьмя фациями карбонатов: ограниченной сублиторальной зоны, морской сублиторальной зоны, приливно-отливной зоны и открытого бассейна. Текстура пород карбонатной толщи представлена смесью илистых карбонатных пород с зернистым каркасом, микритовых аргиллитов и ячеистого кварца со средней пористостью 10 % и средней проницаемостью около $10 \times 10^{-12} \text{ м}^2$. Перекрывают и подстилают пласт регрессивные кластические алеврито-глинистые породы.

Исследования керна показывают, что хотя сам коллектор не трещиноватый, пористость является вторичной, с бимодальным распределением пор по диаметру. Поровое пространство в целом представлено кавернами с диаметром около 7 мм (доходящим до нескольких сантиметров) и гораздо меньшими порами выщелачивания, которые для целей разработки нельзя, по-видимому, отнести к открытым. Породы-коллекторы находятся на различных стадиях диагенеза и рекристаллизации, и пористость, вероятно, не ограничивается каким-либо одним типом пород. Кавернозная пористость выщелачивания представлена в доломитах, известняках, ангидритах и микритовой матрице. Отмечаются стилолиты, однако фильтрационные свойства связаны, в основном, с микротрещинами, соединяющими все каверны, что указывает на агрессивные поровые флюиды, движущиеся по сети трещин, как на основной определяющий фактор распределения пористости.

Карбон

Карбонаты в средне- и верхнекаменноугольном отделе слагают коллекторы основных газовых залежей Варейского, Вартовского, Карповского и в меньшей степени Корского и Лидского месторождений. Весь средне-верхнекаменноугольный разрез, сложенный карбонатными породами, характеризуется как массивный со слоистыми пористыми илистыми карбонатами с зернистым каркасом и с пропластками преимущественно глинистых ваккитов.

Серпуховской (C_{1s}), Башкирский (C_{2b}) и Московский (C_{2m}) ярусы. Пласт C_{1s} среднего карбона сложен породами-неколлекторами, откладываясь в регрессивных условиях мелководья вблизи внешнего края шельфа. Перекрывающие его трансгрессивные отложения ярусов C_{2b} и C_{2r} , также образовавшиеся в условиях мелководья, представлены обломками ракушек и имеют в каждом ярусе мощность в среднем 300–400 м. Они представлены известняками с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами и подчинёнными доломитами; начало каждого яруса характеризуется небольшой регрессией. Видно, что доломитизация происходила по границам зон трансгрессии и регрессии. Текстура каждого пласта описывается как илистые карбонатные породы с зернистым каркасом и зернистые известняки, переслаивающиеся аргиллитами.

Первичная пористость известняков пластов C_{2b} и C_{2m} преимущественно межзерновая с подчинённой пористостью выщелачивания (по-видимому, несвязной), её средняя величина 15–20 %. Вторичная кавернозная пористость также на уровне 15–20 % встречается в относительно тонких регрессивных доломитизированных разделах между двумя пластами. Средняя проницаемость по всему коллектору составляет $(300–400) \times 10^{-12} \text{ м}^2$, но в доломитовых зонах имеются прослои с проницаемостью свыше $1000 \times 10^{-12} \text{ м}^2$, что указывает на их важную роль. На глубинах свыше 2500 м происходит изменение природы коллекторов, поскольку пористость падает до 7–10 %. Связь между порами по микротрещинам представляется незначительной, и принятая модель проницаемости – поровая. Отмечаются сутурные горизонтальные стилолиты, которые, вероятно, имеют низкую проницаемость. В целом можно принять равномерное распределение свойств пород по коллектору, с отдельными незначительными локальными вариациями.

Касимовский (C_{3k}) и гжельский (C_{3g}) ярусы. Трансгрессия продолжалась в течение всего верхнего карбона и сопровождалась отложением остатков ракушек в условиях мелководья на внешнем склоне платформы. Начало и конец каждого периода отмечены небольшой регрессией, которая создала чёткие границы, служащие реперами.

Пласт C_{3k} в значительной мере аналогичен отделу среднего карбона, но в нём практически не наблюдается доломитизация на границах регрессивных и трансгрессивных зон. В отличие от него пласт C_{3g} характеризуется присутствием многочисленных линзообразных карбонатных построек (биогерм) средней мощностью 10–15 м. Развитие отдельных структур по площади не установлено, однако, похоже, возможна их корреляция между скважинами на расстоянии 2 км. Литологический состав представлен известняковыми породами (баффлстон) со следами стебельковых рифовых фаций в первичном залегании. Фации характеризуются пористостью (принятой первичною) порядка 15–18 % и обладают более высокими коллекторскими свойствами, чем вмещающие илистые карбонаты с зернистым каркасом и аргиллиты. В обоих пластах – C_{3k} и C_{3g} – отмечены горизонтальные стилолитовые швы.

Пермь

С карбонатами нижней перми связана основная промышленная газоносность на Лидском месторождении. К терригенным осадочным породам кунгурского яруса и верхнепермского отдела приурочены крупные газовые залежи Вартовского и Корского месторождений. Условия осадконакопления менялись в течение пермского периода – от фаций карбонатной платформы в нижнепермском отделе до терригенных отложений в верхнепермском.

Ассельский ($P_{1a(s)}$), сакмарский (P_{1s}), артинский (P_{1ar}) и кунгурский (P_{1k}) ярусы. Карбонаты ярусов P_{1a} (P_{1as}) и P_{1s} в продуктивном разрезе объединены в горизонт P_{1a+s} , по-

сколько они неразличимы, за исключением фораминиферного комплекса. Фациальный состав объединённого горизонта P_{la+s} достаточно сложен, и в нём в целом выделяются три типа условий осадконакопления. Подошвенная часть представлена уплотнёнными породами-неколлекторами – аргиллитовыми известняками и аргиллитами. Эти породы перекрыты мощным слоем поперечно разделенных в меридиональном направлении ракушечных отложений, выполняющих коллекторы основных газовых залежей Лидского месторождения. Кровельная часть сложена породами-неколлекторами, главным образом, кальцийсодержащими глинами.

Коллекторы газовых залежей горизонта P_{la+s} Лидского месторождения представлены четырьмя карбонатными горизонтами с переслаиванием аргиллитами. Эти слоистые коллекторы имеют наименьшее количество прослоев в южной части – источнике осадконакопления, где присутствуют биогермы, а в северном направлении пласты-коллекторы последовательно выклиниваются вверх по разрезу по мере замещения глинами. Верхний пласт-коллектор сакмарского яруса (P_{lsa-l}), являющийся самым крупным на Лидском месторождении, имеет наибольшее развитие в северном направлении. Эти пласты не представлены на расположенных севернее месторождениях Варейское, Вартовское, Карповское и Корское. Пористость первичная, в среднем порядка 20 % в продуктивных интервалах, с отдельными прослоями с проницаемостью до $1000 \times 10^{-12} \text{ м}^2$. В продуктивном разрезе вынос керн низкий, возможно ввиду рыхлости пород. Отмечены доломитизация и выщелачивание, аргиллитовые разделы непроницаемы.

Пласт P_{lar} , отделённый от горизонта P_{la+s} поверхностью несогласия, сложен трёхкомпонентными породами, содержащими в равных количествах карбонаты, глину и тонкозернистый кварц. Пласт глинизируется вниз по разрезу, и по всей его толще встречаются гранаты, служащие маркерами этого горизонта.

Пласт P_{lk} сложен переслаивающимися терригенными алевролитоглинами и служит покровкой пластов P_{la+s} и P_{lar} . Здесь вверх по разрезу слоистость исчезает, а зернистость равномерно увеличивается. Однако к северу, возможно, произошло замещение пород регрессивными песчаниками. К этим песчаникам на севере приурочена часть газовых залежей Корского месторождения, и по некоторым данным они относятся к уфимскому периоду.

Уфимский (P_{2u}), казанский (P_{2kz}) и татарский (P_{2t}) ярусы. С ярусами P_{2u} , P_{2kz} и P_{2t} связана газоносность на Вартовском и Корском месторождениях. Разрез сложен терригенными осадками, представленными дельтовыми песчаниками, перемежающимися алевролитоглинами.

Пласт P_{2u} характеризуется, главным образом, устьевыми барами, образовавшимися в условиях прибрежной морской акватории. Мощность пород-коллекторов около 100 м, пористость порядка 20–25 %, проницаемость около $(200–300) \times 10^{-12} \text{ м}^2$.

Пласт P_{2kz} приурочен к русловому комплексу и имеет мощность примерно 20–30 м. Разрез представлен хорошо окатанными зёрнами песка, с уменьшением зернистости в верхней части. Фильтрационно-емкостные свойства аналогичны пласту P_{2u} .

Средняя мощность пласта P_{2t} – 10 м, до начала осадконакопления в триасовый период пласт подвергся сильной эрозии. В некоторых скважинах пласт P_{2t} не обнаружен, и обычно он залегает совместно с пластом P_{2kz} .

Триас

Чаркабожский ярус (T_{lcb}). К терригенным отложениям нижнего триаса приурочены газовые залежи Лидского, Вартовского, Карповского и Корского месторождений.

Горизонт T_{lcb} отделён от пермского разреза поверхностью несогласия, связанной с уральским орогенезом. Разрез представлен базальтовыми и кварцевыми песчаниками и конгломератами, образовавшимися в условиях континентальной разветвленной реки, с глинистыми разделами. Пористость пород 20–25 %, проницаемость $(200–300) \times 10^{-12} \text{ м}^2$. Выше по разрезу залегают маломощные дельтовые пески, отделённые перекрывающими пласт чёрными сланцами.

Петрофизические характеристики продуктивных пластов

Ниже рассмотрены основные характеристики пород (пористость, водонасыщенность, песчанистость), слагающих продуктивный разрез месторождений Денисовской площади. Данные по всем месторождениям взяты из соответствующих разделов материалов подсчёта запасов.

Лидское месторождение. Значения коэффициента песчанистости, пористости и газонасыщенности по продуктивным пластам T_1 , $P_{I\text{sa-I}}$, $P_{I\text{sa-II}}$, $P_{I\text{sa-III}}$, $P_{I\text{as}}$ – C_3 Лидского месторождения сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристика продуктивных пластов Лидского месторождения (по данным отчётов, представленных в ГКЗ)

Лидское месторождение						
Пласт	Абсолютная отметка кровли, м	Абсолютная отметка ГВК*, м	Коэффициент песчанистости, %	Коэффициент нефтенасыщенности (средн.), %	Кнг / Кан (средн.), %	Эффективная газонасыщенная толщина, м
T_1	1377,0	1393,0	0,40	21,0	0,55	0,74
$P_{I\text{sa-I}}$	2216,0	2305,0	0,79	22,0	0,92	1,21
$P_{I\text{sa-II}}$	2221,0	2305,0	0,60	15,0	0,89	0,28
$P_{I\text{sa-III}}$	2309,0	2305,0	0,60	18,0	0,90	1,05
$P_{I\text{as}}$	2278,0	2305,0	–	13,0	0,87	0,37
$P_{I\text{as}} + C_3$	–	–	–	–	–	–
газ	2316,0	2305,0	0,22	17,0	0,90	0,81

Эти данные, а также данные по рассмотренным ниже месторождениям взяты из материалов подсчёта запасов по соответствующим месторождениям, представленных в ГКЗ.

Выполнена оцифровка и анализ каротажных диаграмм по трём скважинам № 24, 25 и 26 в интервале пластов пермско-каменноугольной свиты (рис. 9). Необходимо подчеркнуть, что ввиду ограниченного массива данных результаты могут служить только как основа для сопоставительного анализа, и их нельзя считать окончательными или использовать при подсчёте запасов. Ввиду отсутствия данных акустического каротажа по рассмотренным скважинам была использована только простая объёмная модель в предположении, что разрез представлен глиной, известняковой матрицей и поровым пространством. Корректировки данных нейтронного каротажа за влияние газа не производилась, и зависимость между пористостью и показаниями прибора устанавливалась на основе ограниченных данных по керну. Значения R_V определялись по приведённым в отчётах пластовым температурам и минерализации. Предел пористости принят равным 6,6 ед.

Средние значения открытой пористости по ГИС и расчётные коэффициенты газонасыщенности – ниже приведённых в отчёте.

Основная газовая залежь пласта $P_{I\text{sa-I}}$ установлена на относительной глубине 2243 м, эффективная газонасыщенная толщина 13 м, средняя пористость 15,5 % (по данным отчёта – 18,6 %), средний коэффициент газонасыщенности равен 0,80 (по данным работы – 0,92). Расхождения могут отчасти объясняться тем, что в принятой методике расчёта в данные нейтронного каротажа не вносилась поправка за влияние газа, и расчётные значения соответствуют открытой пористости.

Варейское месторождение. В таблице 2 охарактеризована одна массивная газовая залежь, приуроченная к карбонатным породам средне-верхнекаменноугольного возраста. Максимальная эффективная газонасыщенная толщина газовой зоны 113 м. Площадь Варейского месторождения 63 км.

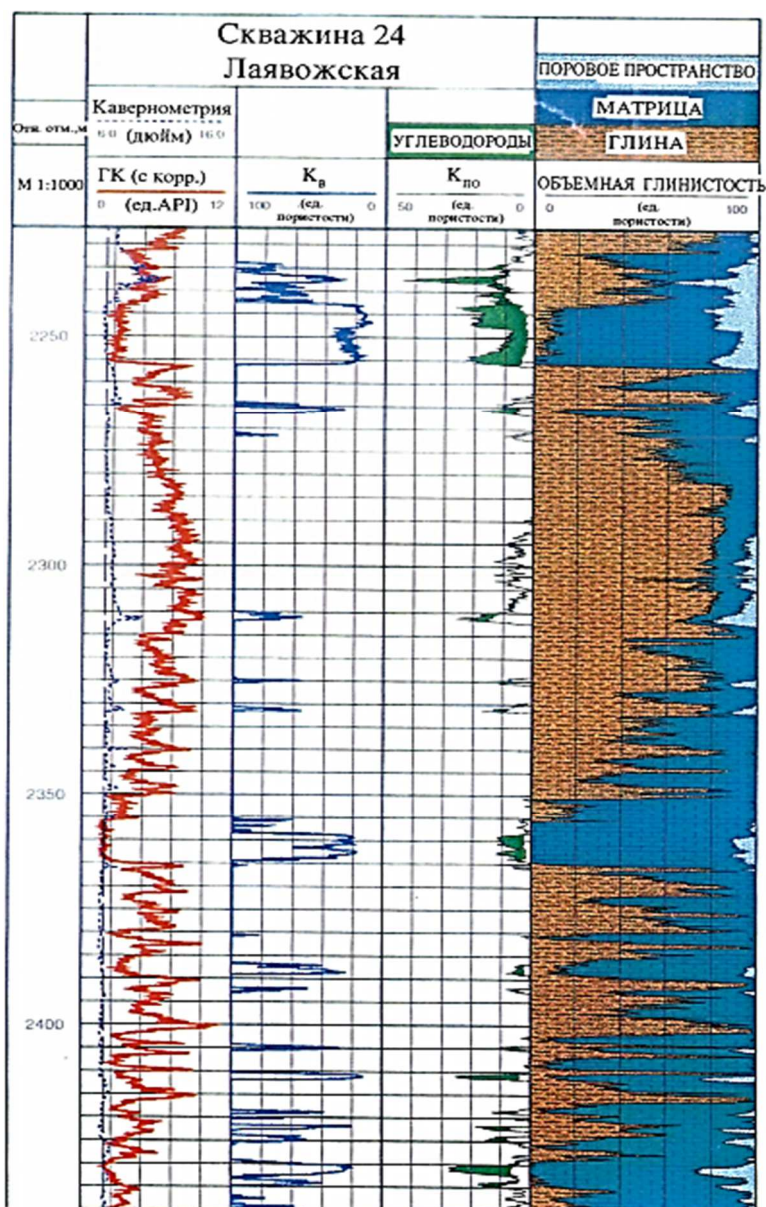


Рисунок 9 – Интерпретация диаграмм ГИС скважины № 24 Лидская с использованием ЭВМ

Таблица 2 – Характеристика залежей Варейского месторождения (по данным отчётов, представленных в ГКЗ)

	C ₂ – C ₃ (массив.) газ	C ₂ – C ₃	C ₂ – C ₃ (массив.) (переходная зона)
Площадь, км ²	63,40	63,00	63,00
Средняя абсолютная отметка кровли, м	2130	2308	2323
Абсолютная отметка ГНК, м	2308	–	–
Абсолютная отметка ВНК, м	–	2323	2323-2562
Средняя общая толщина, м	178,0	15,0	–
Средняя эффективная толщина, м	91,0	4,3	–
Коэффициент песчанности (по скважинам)	0,51	0,29	–
Коэффициент песчанности (по карте)	0,38	0,36	–
Пористость	0,19	0,16	0,14
Водонасыщенность	0,10	0,25	0,61
Коэффициент расширения пластового газа	232,00	–	–

Вартовское месторождение. В таблице 3 охарактеризованы 8 газовых залежей Вартовского месторождения, 7 из которых приурочены к стратифицированным обломочным породам. Самая глубокая залегающая продуктивная зона представляет собой массивную залежь, приуроченную к карбонатным породам среднекаменноугольного - нижнепермского горизонтов, максимальный этаж газоносности 136 м, а максимальная эффективная газонасыщенная толщина – 63 м. Вышележащие 7 газовых залежей, приуроченных к пластам пермского – нижнетриасового горизонтов, имеют отдельные газоводяные контакты. Средняя общая толщина залежей изменяется 24^{-5} м, средняя эффективная газонасыщенная толщина 15^{-4} м.

Таблица 3 – Характеристика залежей Вартовского месторождения (по данным отчётов, представленных в ГКЗ)

	T _{1v}	P _{ix}	P _{vii}	P _{vi+v}	P _{iv}	P _{iii}	P _{ii}	C _{2m} – P _{is}
Площадь, км ²	16	9	2	44	7	9	4	80
Средняя абсолютная отметка кровли, м	1504	1694	1769	1804	1842	1859	1890	2304
Абсолютная отметка ГВК, м	1493	1654	728	1817	827	811	847	2372–2416
Средняя высота, м	19,8	11,5	5,0	24,9	5,3	0,6	1,5	–
Средняя общая толщина, м	24,0	8,0	5,3	23,1	6,6	7,3	9,3	75,3
Средняя эффективная газонасыщенная толщина, м	6,6	5,8	4,2	14,5	4,7	5,7	5,0	39,9
Коэффициент песчаности (по скважинам)	0,28	0,73	0,79	0,63	0,71	0,78	0,54	0,53
Коэффициент песчаности (по карте)	0,37	0,69	0,78	0,65	0,72	0,67	0,86	0,34
Пористость	0,16	0,16	0,20	0,20	0,18	0,19	0,16	0,19
Водонасыщенность	0,59	0,53	0,35	0,36	0,45	0,42	0,53	0,05

В таблице 4 охарактеризованы 5 продуктивных горизонтов. Самый глубокая залегающий из них представляет собой массивную залежь, приуроченную к карбонатным породам верхне-среднекаменноугольных горизонтов, максимальный этаж газоносности – 168 м, максимальная эффективная газонасыщенная толщина – 71 м. Верхние 4 продуктивных горизонта связаны со стратифицированными обломочными породами и имеют отдельные ГВК, средняя общая толщина газовой зоны – от 19 до 5 м. Средняя эффективная газонасыщенная толщина 5–15 м, максимальная площадь Карповского месторождения – 13 км (по залежи пластов C₂ + C₃). В продуктивных горизонтах T₁ и C₂ + C₃ установлены по две залежи с отдельными ГВК.

Таблица 4 – Характеристика залежей Карповского месторождения (по данным отчётов, представленных в ГКЗ)

	T ₁	P _{viii}	P _{vii}	P _{iv}	C ₂ + C ₃ (массивн.)
Площадь, км ²	2,18	0,66	0,83	0,37	12,46
Средняя абсолютная отметка кровли, м	1515	1725	1783	1838	2336
Абсолютная отметка ГВК, м	1512/1504	1690	1756	1798	2431/2420
Средняя высота, м	21,6	12,9	11,6	14,1	–
Средняя общая толщина, м	18,7	15,0	8,5	5,0	93,5
Средняя эффективная газонасыщенная толщина, м	13,0	14,6	8,2	5,0	30,0
Коэффициент песчаности (по скважинам)	0,70	0,97	0,96	1,00	0,32
Коэффициент песчаности (по карте)	0,70	0,97	0,96	1,00	0,30
Пористость	0,17/0,16	0,17	0,16	0,17	0,18
Водонасыщенность	0,50/0,52	0,44	0,59	0,68	0,15

В таблице 5 охарактеризованы 6 продуктивных горизонтов, с которыми связана газоносность Корского месторождения. Верхние 5 содержат газовые залежи, приуроченные к стратифицированным обломочным породам и имеющие отдельные ГВК. Средняя общая толщина газовых залежей – от 10 до 27 м, средняя эффективная газонасыщенная толщина 3–22 м. У нижележащего горизонта с массивными газовыми залежами, приуроченными к карбонатным породам, максимальная общая толщина 153 м, максимальная эффективная газонасыщенная – 27 м. В горизонтах T_{iv} и P_{la+s} + C₃ установлены по две залежи с разными ГВК. Максимальная площадь Корского месторождения – 43 км (по залежам в пачке пластов P_{la+s} + C₃).

Таблица 5 – Характеристика залежей Корского месторождения (по данным отчетов, представленных в ГКЗ)

	T _{iv}	T _{ib}	P _{2t}	P _{2u}	P _{1kg}	P _{la+s} + C ₃
Площадь, км ²	43,2	27,5	41,5	29,1	17,8	42,9
Средняя абсолютная отметка кровли, м	1401	1468	1588	1826	1933	2311
Абсолютная отметка ГВК, м	1439	1490	1662/1613	1820	1987	2362/2331
Средняя высота, м	16,9	11,6	25,0	54,5	14,0	–
Средняя общая толщина, м	15,9	10,2	25,0	27,2	14,0	55,1
Средняя эффективная газонасыщенная толщина, м	3,2	3,8	9,9	21,5	10,7	17,2
Коэффициент песчанистости (по скважинам)	0,20	0,37	0,40	0,79	0,76	0,31
Коэффициент песчанистости (по карте)	0,11	0,25	0,40	0,78	0,35	0,27
Пористость	0,23	0,23	0,20/0,22	0,20	0,17	0,12/0,16
Водонасыщенность	0,61	0,54	0,47/0,45	0,53	0,33	0,27

Начальные запасы газа и товарной нефти

Выше отмечалось, что параметры залежей приняты по материалам подсчета запасов, представленным на утверждение ГКЗ.

Вартовское месторождение. Суммарные начальные запасы газа залежей подсчитаны в объеме 89 млрд нм³. Основной объем запасов (77 %) сосредоточен в массивной залежи, приуроченной к карбонатному коллектору пластов C_{2m} – P_{ls} и имеющей наибольшее развитие по площади. В обломочных породах пластов P_{vi + v} содержится 15 % начальных запасов газа месторождения.

Карповское месторождение. По каждому месторождению представлены структурные карты по кровле продуктивного пласта, где сосредоточены основные запасы, а также карты эффективных нефтегазонасыщенных толщин этих пластов. Отметим, что в настоящее время ведется разработка запасов газа верхних залежей Вартовского месторождения для газоснабжения г. Нарьян-Мар. Однако начальные запасы газа этого месторождения целиком включены в расчетный график добычи, поскольку влияние этих объемов должно быть относительно небольшим.

Лидское месторождение. Все начальные запасы нефти в объеме 57 млн. нм³ сосредоточены в нижележащей массивной залежи, приуроченной к массивному карбонатному коллектору пластов P_{las} – C₃. Суммарные начальные запасы газа 6 залежей подсчитаны в объеме 131 млрд нм³, из которых 67 % приходятся на самую обширную по площади залежь, приуроченную к карбонатному коллектору пласта P_{lsa-I}. На залежи пластов P_{lsa-II}, P_{lsa-III} и P_{las} + C₃ приходится, соответственно, около 7, 11 и 9 % начальных запасов газа.

Варейское месторождение. Подсчитанные начальные запасы единственной залежи Варейского месторождения, приуроченной к карбонатному коллектору, составляют 38 млн нм³ нефти и 85 млрд нм³ газа.

Суммарные начальные запасы газа 5 продуктивных горизонтов подсчитаны в объеме 104 млрд нм³. Нижележащая массивная залежь, имеющая наибольшее развитие по площади и приуроченная к карбонатному коллектору пачки пластов C₂ + C₃, содержит 97 % запасов газа месторождения.

Корское месторождение. Суммарные начальные запасы газа 6 продуктивных горизонтов подсчитаны в объёме 41 млрд м³. Наибольший объём запасов (33 %) сосредоточен в нижележащей массивной залежи, приуроченной к карбонатному коллектору. По верхним 5 залежам, приуроченным к стратифицированным обломочным породам, запасы газа распределены относительно равномерно.

Литература

1. Геолого-промысловый отчёт по освоению месторождений Денисовской площади. – Ухта : ВНИИГАЗ, 1993. – 540 с.
2. 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.
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. Климов В.В. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях / В.В. Климов, О.В. Савенок, Н.М. Лешкович. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2016. – 274 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. Попов В.В. Поиски, разведка и эксплуатация месторождений нефти и газа : учебное пособие / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : ЮРГПУ (НПИ), 2015. – 322 с.
9. Попов В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах : учебное пособие / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2017. – 326 с.
10. Попов В.В. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.
11. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
12. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
13. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин : монография / О.В. Савенок [и др.]. – М.; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
14. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений : учебное пособие : в 2 частях. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
15. Азимов Р.А. Комплексная характеристика гидродинамических явлений с учетом особенностей геологической структуры / Р.А. Азимов, Г.И. Коршунов, Ю.Н. Приходько // Народное хозяйство Республики Коми. – 1998. – № 2. – С. 23–26.
16. 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.
17. Березовский Д.А. Разработка физико-химических моделей и методов прогнозирования состояния пород-коллекторов / Д.А. Березовский [и др.]. // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 9. – С. 84–86.
18. Березовский Д.А. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений / Д.А. Березовский [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 1. – С. 33–50.
19. Березовский Д.А. Закономерности и изменения свойств нефти и газа в залежах и месторождениях / Д.А. Березовский, О.В. Савенок, Г.В. Кусов // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 1. – С. 114–119.
20. Галкин В.И. Вероятностная оценка влияния факторов на эффективность применения геолого-технических мероприятий / В.И. Галкин, А.Н. Колтырин // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 110–119.
21. 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. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>

22. Симонян Г.С. Породы коллекторов нефти / Г.С. Симонян // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 86–88.
23. Соловьёва В.Н. Метод разработки нефтяных месторождений с взаимодействующими объектами / В.Н. Соловьёва, М.Г. Колбунов, О.В. Савенок // Территория НЕФТЕГАЗ. – 2012. – № 2 (февраль). – С. 62–69.
24. Фурсин С.Г. О выделении сложных коллекторов при бурении скважин / С.Г. Фурсин, В.Г. Григулецкий // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2013. – № 9. – С. 17–21.
25. Шустер В.Л. Критерии прогноза, выявления и поисков скоплений нефти и газа, приуроченных к неантиклинальным ловушкам / В.Л. Шустер // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 113–114.
26. Свалов А.М. Патент РФ № 2579039. Способ разработки низкопроницаемых нефтегазовых пластов. Дата подачи заявки: 24.04.2015. Дата публикации патента: 27.03.2016. Патентообладатели: А.М. Свалов, В.Г. Григулецкий.

References

1. Geological and commercial report on the development of Denisovskaya Square deposits. – Ukhta : VNIIGAZ, 1993. – 540 p.
2. Bulatov A.I. Overhaul of oil and gas wells : in 4 vol. / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2012–2015. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I. Scientific foundations and practice of oil and gas well development / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremiychuk. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2016. – 576 p.
4. Varlamov P.S. Reservoir testing equipment for hydrodynamic studies of oil and gas well formations / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa polygraph plant, 2004. – 620 p.
5. Klimov V.V. Fundamentals of geophysical research in the construction and operation of wells at oil and gas fields / V.V. Klimov, O.V. Savenok, N.M. Leshkovich. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2016. – 274 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. Ladenko A.A. Geophysical studies of wells at oil and gas fields / A.A. Ladenko, O.V. Savenok. – M. : Infra-Engineering, 2021. – 260 p.
8. Popov V.V. Search, exploration and operation of oil and gas fields: training manual / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : YURGPU (NPI), 2015. – 322 p.
9. Popov V.V. Geophysical research and work in wells : textbook/ V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing House «Lik», 2017. – 326 p.
10. Popov V.V. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
11. 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.
12. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FSBOU VO KubSTU, 2019. – 275 p.
13. Savenok O.V. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells : monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M.; Vologda: Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
14. Savenok O.V. Oil field development design: training manual : in 2 vol. – Ukhta : Publishing house of Ukhta State Technical University, 2021.
15. Azimov R.A. Comprehensive characterization of hydrodynamic phenomena taking into account the features of the geological structure / R.A. Azimov, G.I. Korshunov, Yu.N. Prikhodko // National Economy of the Komi Republic. – 1998. – № 2. – P. 23–26.
16. Berezovsky D.A. Prerequisites and tasks of rock modeling from the point of view of establishing the conditions for the onset of mining complications factors / D.A. Berezovsky, A.V. Lavrentiev, O.V. Savenok // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2014. – № 2. – P. 27–33.
17. Berezovsky D.A. Development of physical and chemical models and methods for predicting co-standing of collector rocks / D.A. Berezovsky and others // Oil industry. – 2014. – № 9. – С. 84–86.
18. Berezovsky D.A. Technologies and principles of development of multi-layer deposits / D.A. Berezovsky [et al.] // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2017. – № 1. – P. 33–50.
19. Berezovsky D.A. Patterns and changes in the properties of oil and gas in deposits and fields / D.A. Berezovsky, O.V. Savenok, G.V. Kusov // Bulatovsky readings. – 2019. – Vol. 1. – P. 114–119.

20. Galkin V.I. Probabilistic assessment of the influence of factors on the effectiveness of the use of geological and technical measures / V.I. Galkin, A.N. Koltyrin // Bulatov readings. – 2020. – Vol. 2. – P. 110–119.
21. Savenok O.V. Nefteotdacha formation 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. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
22. Simonyan G.S. Rocks of oil collectors / G.S. Simonyan // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 86–88.
23. Solovyova V.N. Method of development of oil fields with interacting facilities / V.N. Solovyova, M.G. Kolbunov, O.V. Savenok // Territory of NEFTEFAZ. – 2012. – № 2 (February). – P. 62–69.
24. Fursin S.G. On the allocation of complex reservoirs during well drilling / S.G. Fursin, V.G. Griguletsky // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2013. – № 9. – P. 17–21.
25. Schuster V.L. Criteria for forecasting, identifying and searching for accumulations of oil and gas confined to non-anticlinal traps / V.L. Schuster // Bulatov readings. – 2021. – Vol. 1. – P. 113–114.
26. Svalov A.M. Patent of the Russian Federation № 2579039. Method for development of low-permeability oil and gas reservoirs. Application Date: 24.04.2015. Patent publication date: 27.03.2016. Patent holders: A.M. Svalov, V.G. Griguletsky.

УДК 622.276.7

БОРЬБА С ОСЛОЖНЕНИЯМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН ЛЫАЕЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ ЯРЕГСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



COMBATING COMPLICATIONS DURING THE OPERATION OF WELLS ON THE LYAELSKAYA AREA OF THE YAREGSKOYE FIELD

Осипов Никита Александрович

студент направления подготовки
21.04.01 «Нефтегазовое дело»
ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный
технический университет»
osipov_nik@inbox.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. Технология SAGD и опыт эксплуатации скважин Лыаельской площади Ярегского месторождения показал, что осложняющими факторами для добывающих скважин являются высокая температура добываемой продукции и высокое содержание механических примесей в добываемой продукции. Для борьбы с влиянием механических примесей на работу ГНО в компоновку ЭЦН были включены скважинные фильтры с целью снижения вредного влияния механических примесей на внутренние органы ЭЦН и ШГН, а также для увеличения наработки на отказ погружного оборудования. Для борьбы с высокой температурой добываемой продукции в добывающие скважины внедряется оптоволоконная система с целью отслеживания распространения температурного профиля по стволу добывающей скважины. На основании получаемых данных проводятся работы по изменению глубины спуска ГНО (для исключения влияния прорывов пара на оборудование), а также проводятся оперативные регулировки по добывающим и влияющим нагнетательным скважинам. В статье рассмотрен опыт внедрения скважинных фильтров и оптоволоконных систем в добывающие скважины.

Ключевые слова: борьба с осложнениями при эксплуатации скважин; мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями; высокая температура добываемой продукции; борьба с влиянием высоких температур; высокое содержание механических примесей в добываемой продукции; борьба с выносом механических примесей; высокая вязкость добываемой продукции.

Osipov Nikita Alexandrovich

Student training direction
21.04.01 «Oil and Gas Engineering»
Ukhta state technical university

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 SAGD technology and the experience of operating wells on the Lyayelskaya area of the Yaregskoye field showed that the complicating factors for production wells are the high temperature of the produced product and the high content of solids in the produced product. To combat the influence of mechanical impurities on the operation of the downhole pumping equipment, downhole filters were included in the electric centrifugal pump assembly in order to reduce the harmful effect of mechanical impurities on the internal organs of the electric centrifugal pump and sucker rod pump, as well as to increase the time between failures of submersible equipment. To combat the high temperature of the produced product, a fiber-optic system is being introduced into the production wells in order to track the propagation of the temperature profile along the production wellbore. On the basis of the data obtained, work is being carried out to change the depth of the downhole pumping equipment (to exclude the effect of steam breakthroughs on the equipment), as well as operational adjustments are carried out for producing and influencing injection wells. The article discusses the experience of introducing downhole filters and fiber-optic systems into production wells.

Keywords: combating complications during well operation; measures to prevent and combat complications; high temperature of the extracted products; combating the influence of high temperatures; high content of mechanical impurities in the extracted products; fight against the removal of mechanical impurities; high viscosity of the extracted products.

Анализ и опыт эксплуатации скважин Лыаельской площади

Эксплуатация скважин по технологии SAGD¹ проводится на Лыаельской площади Ярегского месторождения с 2005 года. На трёх парах скважин ОПУ-3 проводилась разработка и эксплуатация закачки и отбора НСЖ на одном кусту, с вертикальным размещением направления эксплуатационных колонн с набором кривизны и выходом в горизонтальный участок нефтяного пласта. Добывающие скважины оборудовались установками погружных электроприводных центробежных насосов (УЭЦН) российского и импортного производства. Установки ЭЦН устанавливались в добывающих скважинах в начале горизонтального участка ствола скважины.

С июля 2012 года начата разработка и эксплуатация пяти пар скважин на опытном участке ОПУ-5. Отличительной особенностью новой технологии явилось увеличение длин ствола скважин до 1000–1100 м и переход на встречный SAGD с разделением кустовых площадок (нагнетательные скважины / добывающие скважины) размещённых на расстоянии более 1 км друг от друга. Конструкция скважин: нагнетательная – восходящая полого направленная с вертикальным направлением по устью, добывающая – полого направленная ниспадающая, с вертикальным направлением по устью и с установленным фильтром-хвостовиком меньшего внутреннего диаметра (переход по эксплуатационной колонне с 178 мм до 139 мм на расстоянии около 400 м от устья). Эксплуатация добывающих скважин производится с применением погружных электроприводных центробежных насосов российского производства, оснащённых системой телеметрии. Установки ЭЦН размещены в добывающих скважинах выше кровли пласта в месте, разрешающем её установку по условию допустимого набора кривизны ствола, выше перехода 178/139 мм (средняя глубина спуска 250 м по стволу).

С 2015 года проводится разработка и эксплуатация по технологии встречного SAGD с наклонно-направленными по конструкции колонн скважинами, с кустовым размещением пар скважин нагнетательные / добывающие с применением в составе эксплуатационной колонны щелевых фильтров с сохранением внутреннего проходного диаметра 178 мм. Эксплуатация добывающих скважин производится с применением погружных электроприводных центробежных насосов российского производства, оснащённых системой телеметрии с ограничением по максимальной температуре эксплуатации 140 °С.

Проектными решениями предусматривалась организация добычи жидкости в объёмах 200–240 м³/сут. при температуре жидкости в горизонтальном стволе добывающей скважины до 140 °С. В таблице 1 указаны условия перехода водонефтяной эмульсии в паробразную смесь.

Таблица 1 – Условия перехода водонефтяной эмульсии в паробразную смесь

Давление, кгс/см ²	Температура, °С
1,0	99,6
2,0	120,2
3,0	133,5
4,0	143,6
5,0	151,85
6,0	158,84
7,0	164,96
8,0	170,42
9,0	175,36
10,0	179,88
11,0	184,06
12,0	187,9
13,0	191,6

¹ Технология SAGD (от англ. Steam Assisted Gravity Drainage – термогравитационное дренирование пласта) используется на месторождениях с очень вязкой нефтью, помогая «разогреть» пласт и быстрее выходить флюиду.

Для обеспечения проектных дебитов планировалось предусмотреть организацию закачки теплоносителя в режиме 5–8 тонн/час при T на устье 300–320 °С. Существующие парогенерирующие мощности обеспечивали нагнетание теплоносителя в нагнетательные скважины с темпом до 8 тонн/ час при давлении на устье 15 кгс/см² и температурой на устье 235 °С. По состоянию на 01.01.2019 г. эксплуатационные добывающие скважины работают с производительностью 10–240 м³/сут, обводнённостью продукции 55–90 % и температурой жидкости на приёме насоса до 140 °С. В ходе эксплуатации определено, что добывающие скважины реагируют на изменение темпа и направления (буфер-затруб) закачки теплоносителя неравномерно от 2 до 6 сут., что связано с геологическими нарушениями и особенностями, связанными с высокой расчленённостью глинистыми пропластками и индивидуальностью каждого блока.

Анализ данных давления и температуры на приёме насосов (по данным ТМС) позволил сделать заключение об индивидуальности минимально допустимого значения давления и оптимальной температуры на приёме насоса и для каждой из скважин, которые зависят от притока по скважине и месте размещения ГНО по стволу ЭК. Предел $P_{пр.мин} = 2,4–3,8$ кгс/см² при $T_{пр} = 120–140$ °С. Регулирование отбора производится изменением частоты вращения ПЭД и увеличением буферного давления (дросселированием) с контролем давления на приёме насоса, температуры ПЭД (в случае отсутствия показаний температуры по ТМС – контроль работы установки проводится по показаниям температуры на устье скважины в термокармане). Частота вращения изменялась в зависимости от отбора от 40 до 50 Гц, буферное давление – от линейного ($P_{лин} = 6–12$ кгс/см²) до 22–34 кгс/см². По результатам анализа разработаны алгоритмы эксплуатации скважин и утверждён регламент эксплуатации скважин Лыаельской площади Ярегского месторождения.

С 2018 года проводятся опытно-промышленные работы высокотемпературного глубинно-насосного оборудования с системой ТМС позволяющих эксплуатацию до 200 °С. Результаты ОПР выявили успешность по определённому типу оборудования и необходимость доработки аналогов.

На вертикальных скважинах блока ОПУ-5 глубиной до 280 м проводилась пробная эксплуатация УШГН (ТНМ-57). Средняя текущая наработка по состоянию на 01.01.2019 г. составляет 314 сут. Выбор данного типа оборудования обуславливался отсутствием искривления по стволу скважины. Дебит по скважинам составляет 11–37 м³/сут. (среднее значение 24 м³/сут.). В ходе эксплуатации по одной скважине произошло увеличение отбора жидкости с 24 м³/сут. до 37 м³/сут. и снижение обводнённости с 80 % до 60 %.

Планируются опытно промышленные работы по эксплуатации добывающих скважин с применением цельнометаллических штанговых винтовых насосов с максимально допустимой температурой на забое скважины до 350 °С.

Объёмы закачки пара в паронагнетательные скважины корректируется путём штуцирования дросселирующих задвижек.

По состоянию на 01.01.2019 г. эксплуатационный фонд составляет 69 добывающих скважин, из них в работе находится 60 добывающих скважин оборудованных УЭЦН и 2 добывающие скважины оборудованные УШГН. Характеристики применяемых насосных установок УЭЦН имеют напоры от 500 до 1000 м в зависимости от глубины спуска и протяжённости нефтепровода до узла сбора, но различаются по номинальной производительности – 25, 30, 50, 80, 100, 125, 160, 200, 250 м³/сут.

По исполнению применяемое оборудование в износостойком и термостойком исполнении отечественных заводов-изготовителей. В составе установок УЭЦН монтируются телеманометрические системы типа БП-103МЗ, СИАМ, ТМСП-3-320, СКАД 2002 ВМ. Информативность ТМС позволяет отслеживать давление на приёме насоса с точностью до 0,01 атм. (СКАД – до 0,1 атм.).

По ряду скважин, введённых в эксплуатацию в 2018 году, по причине низкого притока жидкости в скважину подача насосных установок ниже номинальной производительности, зачастую насосы работают в левой рабочей зоне. Режим работы с низким отбором жидкости характерен для начального (от 3 до 8 месяцев) периода ввода скважин в эксплуатацию с температурой жидкости 40–60 °С, что характеризуется по-

вышенной вязкостью флюида. В дальнейшем по скважинам после роста температуры более 80 °С просматривается увеличение отбора по причине прогрева пласта и расширения зоны дренирования жидкости в скважину, снижения вязкости.

По скважинам проводится корректировка отбора жидкости путём частотного регулирования с контролем температуры жидкости на приёме насоса и ПЭД с целью исключения снижения сопротивления изоляции из-за перегрева ПЭД.

По состоянию на 01.01.2019 г. средняя наработка на отказ УЭЦН за скользящий год составляет 134 суток (72 отказа), в том числе:

- 128 сут. для насосов производительностью 25–35 м³/сут. (2 отказа);
- 86 сут. для насосов производительностью 50 м³/сут. (5 отказов);
- 138 сут. для насосов производительностью 80–125 м³/сут. (16 отказов);
- 126 сут. для насосов производительностью 160 м³/сут. (23 отказов);
- 97 сут. для насосов производительностью 200 м³/сут. (6 отказов);
- 198 сут. для насосов производительностью 250 м³/сут. (20 отказов).

Выводы по результатам работы ГНО на Лыаельской площади:

1. Все насосные установки ЭЦН работали в одинаковых тяжёлых условиях:

- установки расположены на участках ствола скважины с темпом набора кривизны до 2,5 град/10 м;
- установки работают в различных зонах температур от слабо прогретых зон эксплуатации (40–70 °С) с постепенным повышением рабочей температуры жидкости до высоких (125–140 °С) температур;
- установки работают в условиях высокого (до 500 мг/л) содержания мехпримесей.

2. В ходе эксплуатации отмечено, что комплектация скважин Лыаельской площади УЭЦН, рассчитанные на работу в условиях температуры продукции до 150 °С (исполнение Т2) и в износостойком исполнении показали высокую наработку 236 суток (17 установок) при средней наработке на отказ 134 сут. Необходимо применять насосное оборудование пакетной сборки с дополнительными промежуточными опорами, рабочие аппараты двухопорной конструкции с удлиненной ступицей для снижения влияния повышенного воздействия механических примесей на износ оборудования и заклинивания насоса.

В качестве альтернативы на низкодебитных (до 20 м³/сут.) скважинах с высокой вспениваемостью водонефтяной эмульсии (обводнённость 40–60 % и температурой 50–70 °С), с частыми подклиниваниями насосов из-за засорения насоса мехпримесями рекомендуется рассмотреть проведение ОПИ ЭЦНО (центробежные насосы с рабочими колесами без верхнего и нижнего дисков – открытое рабочее колесо).

3. По результатам проведения ОНР насоса «металл – металл» следует рассмотреть применение данного оборудования.

Все скважины Лыаельской площади Ярегского месторождения эксплуатируются механизированным способом, насосным оборудованием в виде погружных электроприводных центробежных насосов (УЭЦН). Поэтому в качестве глубинно-насосного оборудования для вводимых скважин рекомендуются установки ЭЦН с подачей на разных этапах эксплуатации скважин от 25 м³/сут. до 250 м³/сут. с напором 500 м. Особое требование к установкам ЭЦН: оборудование термостойкое (исполнение Т₂, разрешённая температура – 160 °С), износостойкое, с промежуточными опорами позволяющими эксплуатировать насосное оборудование в горизонтальном стволе скважины. УЭЦН комплектовать термостойкой гидрозащитой с компенсируемой диафрагмой из теплостойкой (до + 180 °С) резины и последовательными обратными клапанами для стравливания излишка масла и предназначенные для работы в кривизне с зенитным углом до 90°, термостойкого ПЭД предназначенного для работы в кривизне с зенитным углом до 90° оборудованного ТМС позволяющими эксплуатацию с температурой до 200 °С и фиксацией давления на приёме насоса с точностью до 0,01 атм., входным модулем, расположенным в ЭЦН для исключения слома переводной муфты в месте стыковки входного модуля с ЭЦН при подклинивании насоса. Погружные установки комплектовать термостойким кабелем с изоляцией из теплостойкого полимерного композитного материала типа КПтБП-230 3x16 (подбор сечения кабеля согласно таблицы

комплектации УЭЦН). Допустимо использование в составе с кабелем теплостойкого удлинителя УБ46-2 (230 °С).

Глубина спуска глубинно-насосного оборудования и длина подвески НКТ определена конструкцией скважины и темпом набора кривизны в месте установки насоса не более 2,5 градус на 10 м. Проектом предусматривается конструкция скважин без перехода по ЭК 178/139 и предусмотрен горизонтальный участок для размещения УЭЦН. Учитывая давления опрессовки эксплуатационных колонн на Лыаельской площади Ярегского месторождения $P_{\text{опр}} = 9,5$ МПа (в соответствии с таблицей 2.1 инструкции по расчёту обсадных колонн 1997 года, минимально необходимое давление опрессовки эксплуатационной колонны 177,8 мм $P_{\text{опр}} = 9,5$ МПа), рабочее давление для устьевого арматуры при опрессовке ствола скважины принимается $P_{\text{раб}} = 14$ МПа. В дальнейшем при паронагнетании и добыче возможна замена устьевого арматуры с максимально допустимым давлением до 6,3 МПа.

Для вводимых добывающих скважин, оборудованных УЭЦН, необходимо следующее устьевое оборудование:

- устьевая арматура АТПКд-65-6,3-250 К1 с термокомпенсацией;
- насосно-компрессорные трубы диаметром НКТ73×5,5-Д гладкие (ГОСТ 633-80) с максимальной глубиной спуска 1442 м, или НКТ60×5,0-Д гладкие (ГОСТ 633-80) с максимальной глубиной спуска 1277 м; (основываясь на расчётах согласно инструкции по эксплуатации НКТ РД 39-136-95 и альбома расчётов максимально-допустимых длин колонн НКТ по ГОСТ 633-80);
- устьевой обратный клапан (обратный клапан типа КОШ-73 и сливной клапан типа КС-73 из компоновки УЭЦН исключить);
- комплектовать УЭЦН фильтром тонкой очистки с установкой данного фильтра на хвостовике НКТ73×5,5-Д гладкие под ПЭД в кожухе.

Для улучшения условий запуска, контроля и корректировки работы глубинно-насосного оборудования необходимо применение станции управления с плавным пуском и частотным регулированием, которая:

- совместима с погружным модулем телеметрических датчиков и поверхностным блоком ТМС;
- обеспечивает контроль и регистрацию температуры жидкости на приёме насоса, температуры погружного электродвигателя, давления на приёме насоса, виброускорения УЭЦН;
- позволяет проводить работу насосной установки в режимах встряхивания, поддержания температуры и давления (ПИД регулирование) на приёме насоса.

Для улучшения охлаждения погружного электродвигателя необходимо применение кожуха с центратором ПЭД и с хвостовиком или с центраторами на основании ПЭД, а также с установкой центраторов на секциях УЭЦН.

Для снижения влияния механических примесей на износ рабочих органов насоса необходимо применение дополнительного фильтра устанавливаемого на хвостовике под УЭЦН, при этом УЭЦН комплектовать кожухом необходимой для размещения ПЭД длины.

Для вводимых нагнетательных скважин опрессовка ствола производится на давление 9,5 МПа. При переводе под нагнетание возможна замена устьевого арматуры с максимальным давлением 6,3 МПа.

Необходимо следующее устьевое оборудование:

- устьевая арматура АТПК-65-6,3-250-К1;
- насосно-компрессорные трубы диаметром НКТ89×6,5-Д (ГОСТ 633-80).

Основываясь на опыте эксплуатации оборудования на Лыаельской площади Ярегского месторождения при эксплуатации по технологии SAGD, SF (Steamflood) и комбинированном принята схема с размещением на кусте добывающих и паронагнетательных скважин. Поэтому на скважинах Вежавожской площади Ярегского месторождения необходимо применять аналогичный комплекс по насосному оборудованию и обустройству кустовых площадок.

Мероприятия по предупреждению и борьбе с осложнениями при эксплуатации скважин

Технология SAGD и опыт эксплуатации скважин Лыаельской площади Ярегского месторождения показал, что осложняющими факторами для добывающих скважин являются:

- высокая температура добываемой продукции;
- высокое содержание механических примесей в добываемой продукции;
- высокая вязкость добываемой продукции.

Учитывая высокую температуру добываемой продукции (до 180 °С на приеме насоса) основным техническим мероприятием является применение насосного оборудования (ЭЦН, ПЭД, гидрозашита, подземный модуль ТМС) в температуростойком исполнении Т2 (до 180 °С) с возможностью размещения в горизонтальном (до 90° относительно вертикали) участке ствола скважины. При размещении ГНО в горизонтальном участке по стволу скважины с целью улучшения охлаждения ПЭД и гидрозашиты необходима установка хвостовика с центратором на основании ПЭД и установка центраторов на ЭЦН. Устьевая арматура для обвязки добывающих скважин должна быть рассчитана на рабочую температуру $T_{\text{раб}} = 250 \text{ } ^\circ\text{C}$ ввиду необходимости проведения парциклических обработок на скважинах. Для контроля распределения температуры по стволу добывающей скважины необходим монтаж оптоволоконной линии по всей длине ствола скважины.

Для уменьшения влияния механических примесей на продолжительность работы глубинно-насосного оборудования горизонтальная часть скважины обсаживается гравийно-щелевым фильтром-хвостовиком с шириной щели 0,1 мм, а также установку гравийно-щелевого фильтра в составе УЭЦН на хвостовике под ПЭД. Кроме этого в качестве насосного оборудования применять ЭЦН в износостойком исполнении. Исключить из компоновки УЭЦН шламоуловитель, сливной и обратный клапан, с целью возможности проведения промывок по лифтовой колонне.

На наработку насосного оборудования на отказ оказывает влияние вязкость нефтяной эмульсии, которая в свою очередь зависит от обводнённости и температуры.

Вязкость нефти Ярегского месторождения в пластовых условиях (при $T_{\text{пласта}} = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$) составляет 10000–15000 мПа · с. При температуре жидкости на приеме насоса в пределах 100–125 °С вязкость нефти составляет 30^{-10} мПа · с, т.е. вязкость безводной нефти не влияет на параметры работы ГНО и не является осложняющим фактором. В то же время нефть скважин Лыаельской площади при обводнённости в среднем 55–75 % образует высоковязкую эмульсию, которая существенно снижает производительность насосов.

Зависимости вязкости и динамических напряжений сдвига водонефтяной эмульсии от температуры и обводнённости представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Зависимость вязкости водонефтяных эмульсий от температуры

Обводнённость водонефтяной эмульсии	Вязкость эмульсии, мПа × с (в зависимости от температуры)					
	20 °С	30 °С	50 °С	70 °С	80 °С	90 °С
W = 0 % (безводная нефть)	2916,2	1225,6	279,9	86,0	53,9	34,3
W = 22,2 % (связанная вода)	4376,3	1950,8	480,9	159,5	103,5	66,2
W = 40 %	5493,1	2569,0	765,5	266,5	158,6	110,2
W = 50 %	7355,0	3051,0	956,3	356,9	215,2	152,2
W = 55 %	8558,7	3725,0	1152,0	469,8	292,8	210,9
W = 60 %	9561,3	4561,2	1451,0	545,6	334,0	245,6
W = 65 %	10198,0	5736,0	1925,8	656,4	411,3	288,8
W = 70 %	6416,2	3846,0	1529,3	514,2	345,8	208,4
W = 80 %	1399,0	852,0	198,3	86,0	58,9	44,3
W = 90 %	545,5	166,7	70,4	32,1	22,5	16,2

Таблица 3 – Зависимость динамических напряжений сдвига водонефтяных эмульсий от температуры

Обводнённость водонефтяной эмульсии	Динамическое напряжение сдвига, Па (при температуре)					
	20 °С	30 °С	50 °С	70 °С	80 °С	90 °С
W = 0 % (обезвоженная нефть)	0,02	отс.	отс.	отс.	отс.	отс.
W = 22,2 % (связанная вода)	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W = 40 %	4,60	2,50	0,51	0,10	0,06	0,02
W = 50 %	14,75	13,56	0,75	0,29	0,14	0,13
W = 55 %	18,96	18,40	0,95	0,32	0,25	0,17
W = 60 %	29,11	21,20	1,15	0,37	0,30	0,20
W = 65 %	58,17	35,69	3,10	1,04	0,92	0,71
W = 70 %	38,40	23,20	5,16	5,16	1,82	1,35
W = 80 %	1,02	0,60	0,20	0,18	0,10	0,10
W = 90 %	0,95	0,16	0,16	0,13	0,10	0,10

Борьба с влиянием высоких температур

Для решения данной проблемы было предложено внедрение оптоволоконной системы внутри эксплуатационной колонны. Показ данных распределённого измерения температуры в виде серии кривых позволяет отслеживать зависящие от времени параметры поведения скважины в периоды добычи, закачки в неё различных составов и кислотной обработки. Развитие волоконно-оптической технологии также помогает расширить возможности применения распределенного измерения температуры. Поступление данных от таких постоянно установленных в скважине волоконно-оптических систем помогает операторам оценивать профили заполненного паром порового пространства («steam chamber») при добыче по методу SAGD и лучше отслеживать процесс закачки пара. Эта информация даёт возможность продлить срок эксплуатации скважин и поднять общую нефтегазоотдачу.

Проведены опытно-промышленные работы по спуску ОВК двумя способами:

1. Спуск ОВК в койлтюбинге (рис. 1). Спуск койлтюбинга осуществляется с помощью койлтюбинговой установки, глубина спуска ограничена лишь длиной ГНКТ, ОВК размещён внутри и прокачивается на поверхности, но существуют способы, которые позволяют прокачивать ОВК после спуска койлтюбинга в скважину. Передача данных осуществляется на автоматизированное рабочее место путём GSM приёмника размещенного на кустовой площадке каждый час.

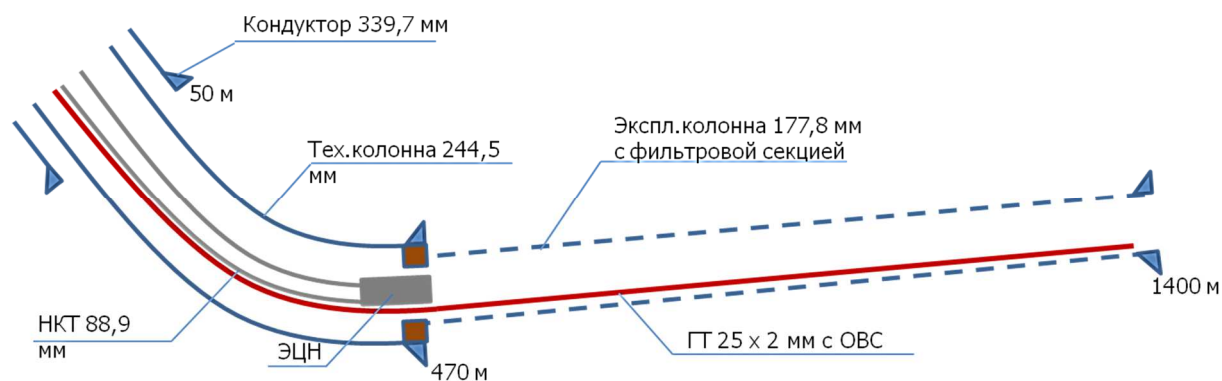


Рисунок 1 – Размещение ОВК в койлтюбинге

2. Спуск ОВК в хвостовике вместе со спуском насоса (рис. 2). В данном способе производится спуск хвостовика из НКТ \varnothing 60 мм длиной 500–600 м с заглушкой на конце трубы, далее производится прокачка ОВК (осуществляется путём размещения внутри хвостовика специального поршня, за который крепится ОВК, поршень сопровождается путём закачки технической воды в НКТ), после прокачки кабеля выполняется монтаж ЭЦН, затем производится спуск ЭЦН совместно с хвостовиком, ОВК фиксируется совместно с кабелем питания ПЭД вдоль НКТ. Передача данных осуществляется путём съёма информации со станции управления на флеш-накопитель, запись происходит с периодичностью 1 раз в сутки.

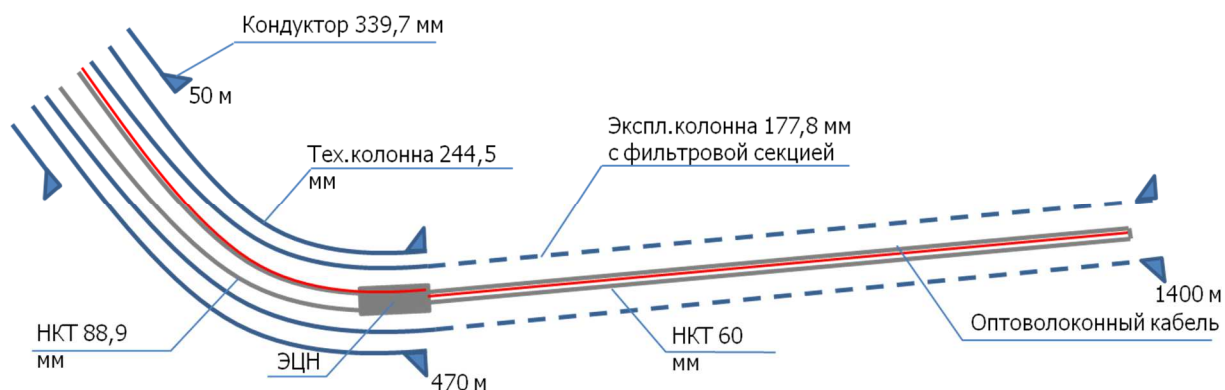


Рисунок 2 – Размещение ОВК в хвостовике

После внедрения ОВС в скважину № 2801Д в процессе эксплуатации было выявлено, что в районе размещения ГНО на глубине 350–355 м температура возрастает до 150 °С. Также был выявлен интервал снижения температурного профиля в интервале с 650 м до 850 м в котором происходит снижение температуры со 150 °С до 50–60 °С. По геологическому разрезу в данном интервале ствол скважины пробурен в непроницаемой пропластке (аргиллит), совокупность данных фактов говорит о том, что в данном интервале отсутствует приток жидкости. На основании полученных данных было принято решение об изменении глубины спуска ГНО с 350 м до 320 м с целью ухода от интервала с высокой температурой (рис. 3).

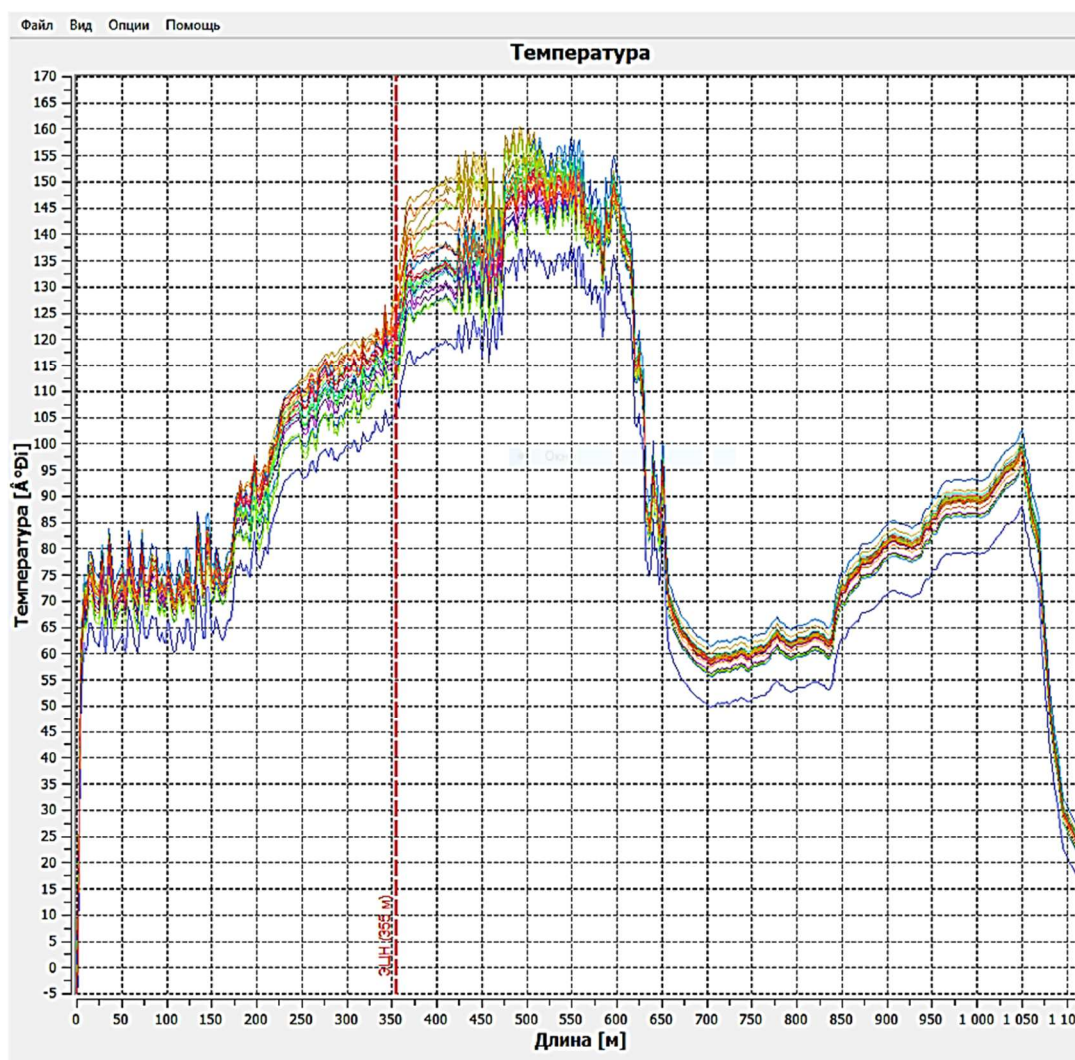


Рисунок 3 – Показания, полученные с ОВС

С целью выравнивания температурного профиля, а также для температурного воздействия на низкопроницаемые породы (аргиллит) было принято решение об изменении глубины спуска НКТ в парной нагнетательной скважине № 2801Н с 713 м до глубины 649 м (в середину интервала с низкопроницаемыми породами). После проведения данных работ была организована закачка пара в буфер нагнетательной скважины для разогрева интервала с аргиллитами, что привело к растрескиванию аргиллита и обеспечило наиболее равномерный разогрев массива, что позволило вовлечь максимальное количество запасов (рис. 4 и 5).

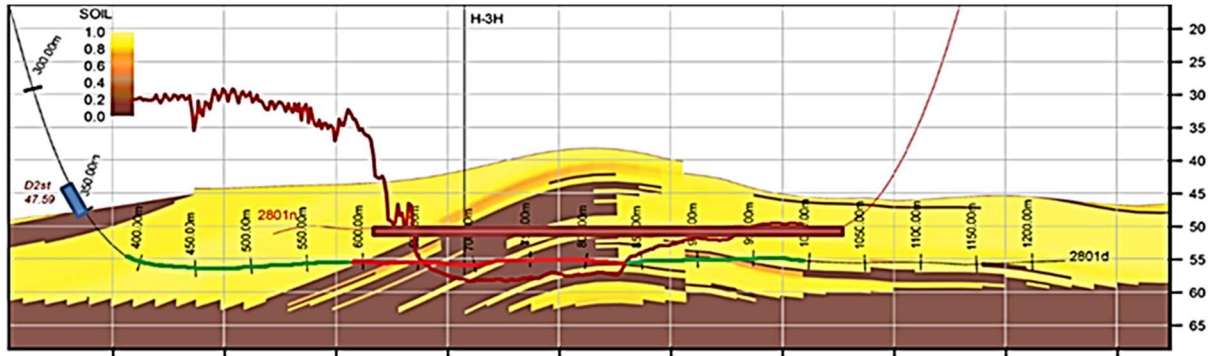


Рисунок 4 – Распределение температуры до изменения интервала спуска НКТ

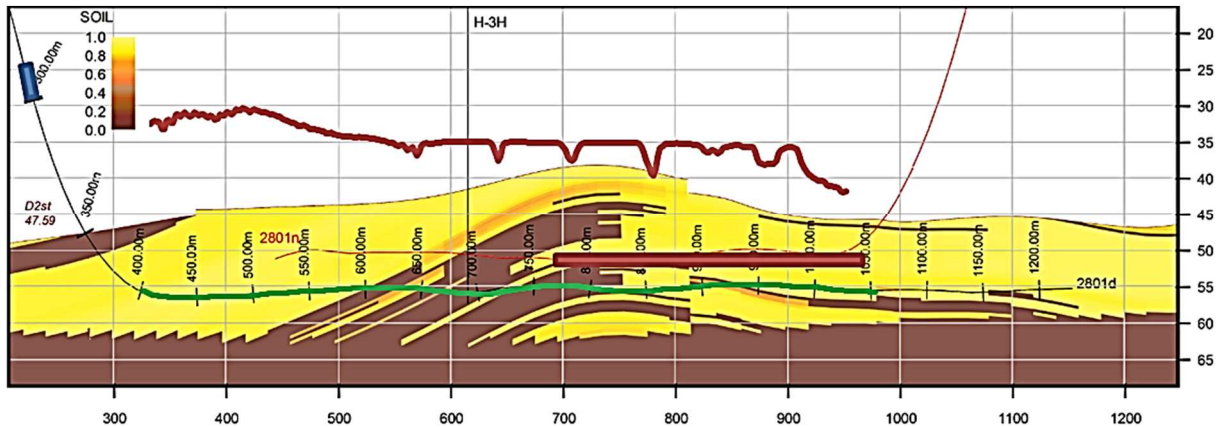


Рисунок 5 – Распределение температуры после изменения интервала спуска НКТ

После изменения интервала спуска ГНО, а также за счёт оперативных регулировок, осуществляемых за счёт поступления данных по распределению температурного профиля, удалось увеличить наработку на отказ и сократить количество остановок (рис. 6 и 7).

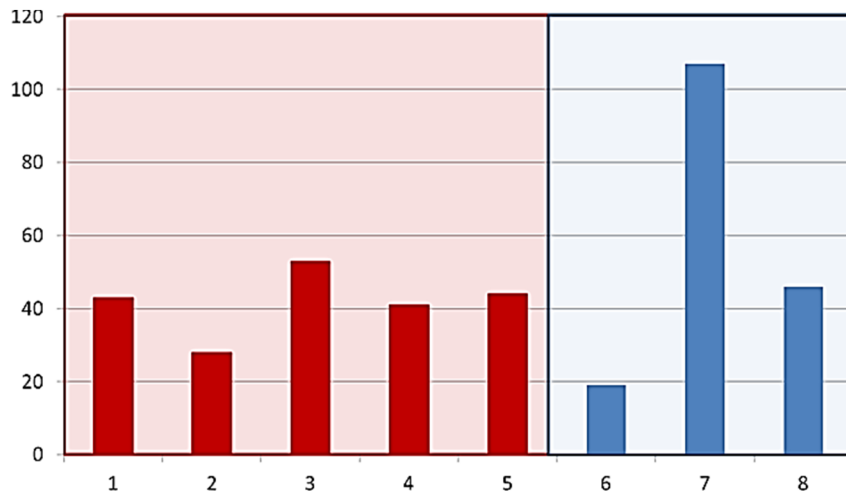


Рисунок 6 – Нарботка на отказ до и после внедрения ОВК

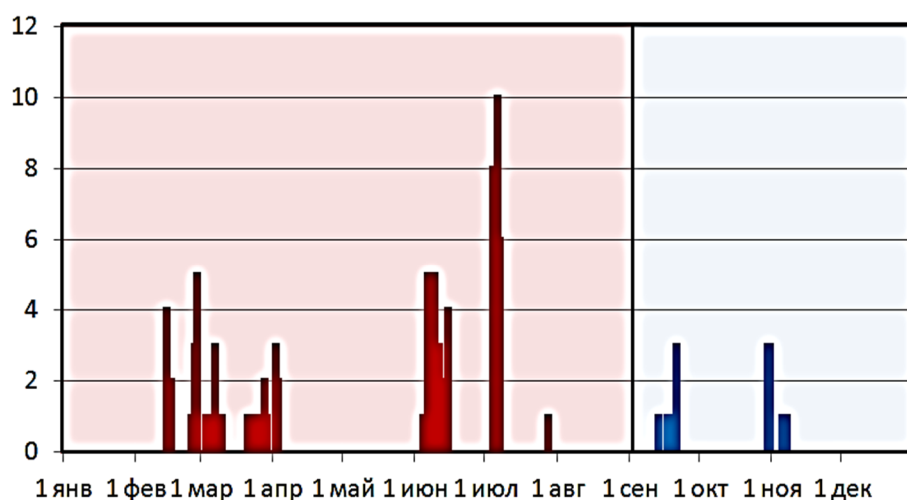


Рисунок 7 – Остановки по причине «высокая температура» до и после внедрения ОVK

Борьба с выносом механических примесей

Для борьбы с влиянием механических примесей на работу ГНО в компоновку ЭЦН были включены скважинные фильтры, основные цели применения фильтров:

- снижение вредного влияния механических примесей на внутренние органы ЭЦН и ШГН – повышенный износ, кольматация;
- увеличение наработки на отказ погружного оборудования;
- уменьшение часторемонтируемого фонда скважин УЭЦН и УШГН;
- снижение количества и затрат на ТКРС;
- снижение потерь в добыче нефти от остановок скважин на ремонт;
- увеличение дополнительной добычи нефти путём реализации потенциала скважин;
- снижение себестоимости добычи нефти.

В статье рассмотрены два скважинных фильтра, внедрённых в добывающие скважины Лыаельской площади:

- 1) фильтр модульный щелевой ФМЩ-01 ООО ПКФ «ТехСпецКомплект-АВТО»;
- 2) фильтр скважинный ФС-ППС-4 ООО «ПК «Опора-пром-ойл».

Фильтр модульный щелевой ФМЩ-01 (рис. 8) обеспечивает устойчивую производительность УЭЦН в осложнённых выносом мехпримесей, песка и проппанта в скважинах. Разобщик манжетный надёжно разобщает затрубное пространство, что позволяет эффективно фильтровать скважинную жидкость от мехпримесей. Клапан прямого прохода КПП открывается при зарастании щелей фильтроэлемента твёрдыми частицами и отложениями солей, либо заполнении контейнерных труб песком и мехпримесями с последующей внутренней кольматацией фильтрующих модулей. Ширина щели фильтроэлемента и количество фильтрующих модулей в свече подбирается исходя из подачи погружного насоса и гранулометрического состава мехпримесей.

Достоинства:

- разобщение затрубного пространства без применения сложных пакерных систем;
- качественная первоочистка флюида перед поступлением во входной модуль УЭЦН;
- наличие клапана прямого прохода, позволяющего продлить работу УЭЦН и предотвращающего перегрев ПЭД в случае засорения фильтроэлемента;
- наличие клапана разгрузки контейнера, позволяющего очищать контейнерные трубы в случае его переполнения мехпримесями и песком;
- монтаж компоновки фильтра на основание ПЭД, сокращающий количество СПО;
- возможность повторного использования путём регенерации фильтрующих модулей промывкой в промышленных условиях.



Рисунок 8 – Фильтр модульный целевой ФМЦ-01

Данный фильтр был внедрён в скважину 2201Д-бис в связи с тем, что данная скважина находилась в часто ремонтируемом фонде по причине выноса механических примесей (рис. 9).



Рисунок 9 – Фотография с демонтажа ГНО на скважине № 2201Д-бис с засорённой НКТ песком

Внедрение фильтра позволило увеличить наработку на отказ в 2 раза – с 67 сут. до 123 сут., также сократилось количество взвешенных частиц в отбираемой продукции со скважины № 2201Д-бис (рис. 10).

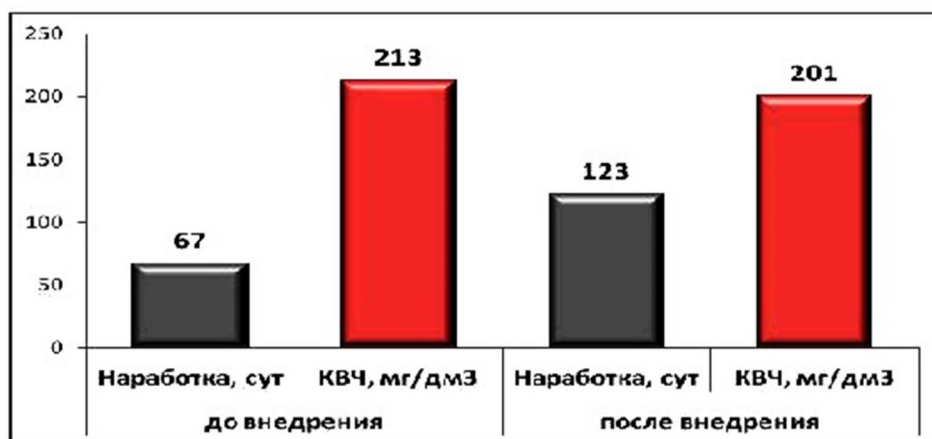


Рисунок 10 – Сравнение наработки на отказ и КВЧ по скважине № 2201Д-бис до внедрения фильтров и после

Фильтр скважинный ФС-ППС-4 (рис. 11) представляет собой перфорированную обсадную трубу, вокруг которой концентрично размещены внутренний дренажный слой, фильтрующая сетка (2 слоя), наружный дренажный слой и защитный кожух, выполненный из перфорированного листа из нержавеющей стали. В таблице 4 приведены основные характеристики фильтра скважинного ФС-ППС-4.



Рисунок 11 – Фильтр скважинный ФС-ППС-4

Таблица 4 – Основные характеристики фильтра скважинного ФС-ППС-4

Наименование основных параметров и размеров	Значения параметров
Условный диаметр трубы фильтра	101,6
Диаметр муфты, мм	114,0
Толщина стенки трубы фильтра, мм	6,5
Общая длина фильтра, мм	10000 ± 500
Резьба ниппеля и муфты	ОТТМ 102 ГОСТ 33758-2016
Расстояние от муфты до фильтрующей части, мм	800
Расстояние от торца ниппеля до фильтрующей части, не менее, мм	400
Длина фильтрующей части, мм	8000
Количество отверстий в трубе на 1 п. м., шт.	10
Размер щелевых отверстий в трубе, мм	12 x 80
Размер ячейки дренажного слоя, мм	3,2
Размер ячейки фильтрующей сетки, мм	0,1–0,05
Количество отверстий диаметром 5 мм в защитном кожухе на 1 п. м., не менее, шт.	3100
Масса фильтра, не более, кг	186

Конструкторы компании «Опора-пром-ойл» разработали фильтры с кожухом намотанным по спирали, соединительный шов которого гарантирует надёжное соединение витков, обладает высокими статическими и динамическими прочностными характеристиками, тем самым обеспечивая безопасный спуск в скважину и длительную безаварийную эксплуатацию.

Данный фильтр был внедрён в скважину № 2503Д в связи с тем, что данная скважина находилась в часто ремонтируемом фонде, по причине выноса механических примесей (рис. 12).



Рисунок 12 – Фотография с демонтажа ГНО на скважине № 2503Д с засоренной НКТ песком

Внедрение фильтров в скважину № 2503Д увеличило наработку на отказ в 2 раза – с 48 сут. до 109 сут. (рис. 13).

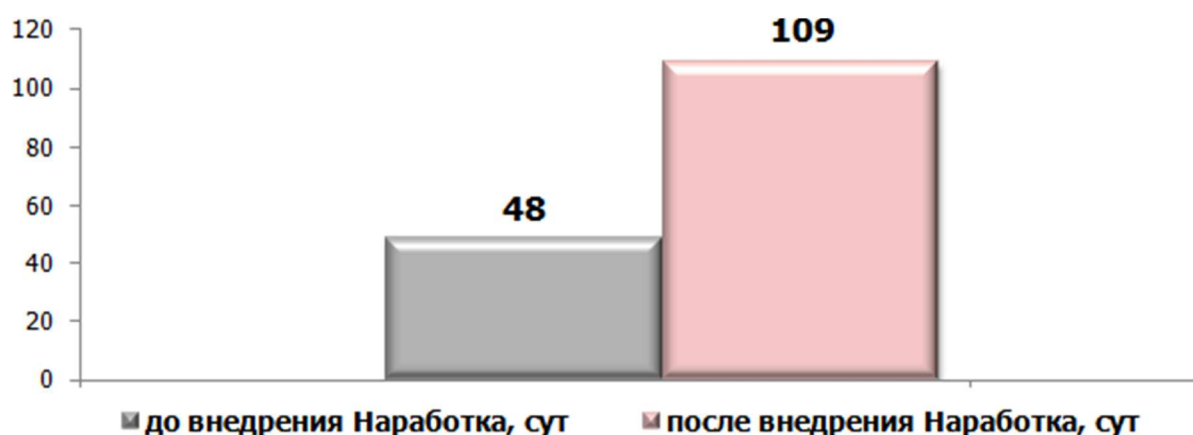


Рисунок 13 – Сравнение наработки на отказ по скважине № 2503Д до внедрения фильтров и после

В целом внедрение фильтров в добывающие скважины Лыаельской площади позволило сократить количество отказов по причине «засорение ГНО» в среднем с 7 отказов в месяц в 2018 году до 5 в 2019 году (рис. 14).

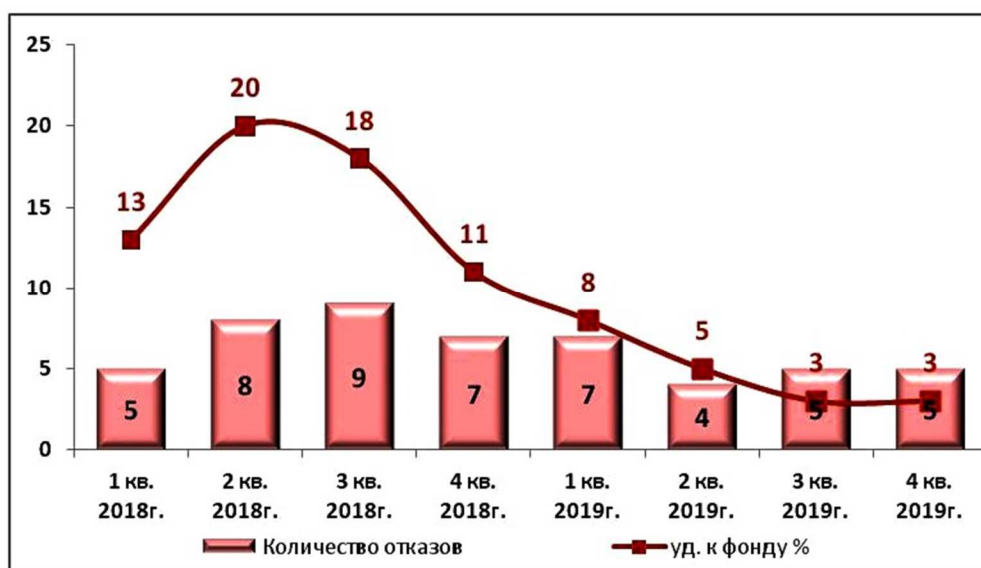


Рисунок 14 – Динамика изменения количества отказов по причине «засорение ГНО»

Заключение

Внедрение фильтров для защиты от влияния механических примесей на работу ГНО в компоновку ЭЦН позволило увеличить наработку на отказ погружного оборудования и сократить количество скважин, находящихся в часто ремонтируемом фонде. Это, в свою очередь, привело к снижению затрат на проведение ремонта скважин и потерь по добыче нефти за время простоя скважин для проведения ремонта.

Внедрение ОВС в добывающие скважины также позволило увеличить наработку на отказ погружного оборудования за счёт изменения глубины размещения ГНО. Получение оперативных данных в режиме «онлайн» о распространении температурного фронта по стволу добывающей скважины позволило провести работы по изменению глубины спуска НКТ на влияющей нагнетательной скважине, что обеспечило наиболее равномерный разогрев массива и позволило вовлечь максимальное количество запасов.

Литература

1. Технологическая схема опытно-промышленной разработки пласта III Лыаельской площади Ярегского нефтяного месторождения Республики Коми. – Ухта : филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПечорНИПИнефть» в г. Ухте (Протокол ТО ЦКР № 1050 от 02.12.2015 г.).
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Варламов П.С. Пластоиспытательное оборудование для гидродинамических исследований пластов нефтяных и газовых скважин / П.С. Варламов [и др.]. – Уфа : Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 620 с.
7. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
8. Попов В.В. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 с.

9. Рузин Л.М. Технологические принципы разработки залежей аномально вязких нефтей и битумов / Л.М. Рузин [и др.]. – Ижевск : Ижевский институт компьютерных исследований, 2015. – 480 с.
10. Савенок О.В. Разработка нефтяных и газовых месторождений / О.В. Савенок, А.А. Ладенко. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГУ», 2019. – 275 с.
11. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
12. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин : монография / О.В. Савенок [и др.]. – М.; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
13. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений : учеб. пособие : в 2 ч. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
14. Дуркин С.М. Обоснование применения технологии дифференцированного термогравитационного дренирования пласта путём численного моделирования участка Ярегского месторождения / С.М. Дуркин [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 6. – С. 101–103.
15. Дуркин С.М. Адаптация технологии термогравитационного дренирования пласта (SAGD) для неоднородных залежей высоковязкой нефти на примере Лыаельской площади Ярегского месторождения / С.М. Дуркин, И.Н. Меньшикова, О.А. Морозюк; Научный редактор А.Н. Дмитриевский // Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности: материалы Всероссийской научной конференции, посвящённой 30-летию Института проблем нефти и газа РАН (11–13 октября 2017 года, г. Москва). – М. : ООО Типография «Аналитик», 2017. – С. 57–58.
16. Дуркин С.М. Совершенствование методики подбора глубинно-насосного оборудования для горизонтальных скважин, дренирующих залежи высоковязкой нефти, с помощью программы «Автотехнолог» / С.М. Дуркин [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2019. – № 2. – С. 41–45.
17. Жангабылов Р.А. Исследование эффективности технологии термогравитационного дренирования пласта в условиях неоднородных залежей высоковязкой нефти / Р.А. Жангабылов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015. – № 3. – С. 143–161.
18. Калинин С.А. Лабораторные исследования термохимических составов для выравнивания профиля приёмистости паронагнетательных скважин в условиях высокой неоднородности пласта, насыщенного сверхвязкой нефтью / С.А. Калинин, С.А. Калинин // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. – 2020. – Т. 2. – С. 171–177.
19. Лобанов Д.В. Анализ опыта спуска эксплуатационной колонны в горизонтальные скважины на Лыаельской площади Ярегского месторождения / Д.В. Лобанов // Севергеозкотех-2012: материалы XIII Международной молодёжной научной конференции (21–23 марта 2012 года, г. Ухта) : в 6 ч. – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2013. – С. 31–35.
20. Меньшикова И.Н. Совершенствование технологии термогравитационного дренирования пласта путем численного моделирования для условий Лыаельской площади Ярегского месторождения / И.Н. Меньшикова [и др.] // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 156–161.
21. Меньшикова И.Н. Совершенствование технологии термогравитационного дренирования пласта путем численного моделирования для условий Лыаельской площади Ярегского месторождения / И.Н. Меньшикова // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2017: сборник трудов Международной научно-технической конференции (31 марта 2017 года, г. Октябрьский) : в 2 т. – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2017. – С. 118–121.
22. Мехоношин В.А. Анализ текущего состояния и эффективности применяемых технологий разработки Лыаельской площади Ярегского месторождения / В.А. Мехоношин, О.В. Савенок // 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. 276–282.
23. Мехоношин В.А. Подбор установки электроцентробежного насоса к нефтяной скважине Лыаельской площади Ярегского месторождения / В.А. Мехоношин, О.В. Савенок // 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. 282–292.
24. Парубочий В.Д. Обоснование применения технологии пароравитационного дренажа для формирования системы разработки месторождений тяжёлой нефти / В.Д. Парубочий // Ашировские чтения. – 2017. – Т. 1. – № 1–3(9). – С. 408–416.

25. Подойницын С.П. Моделирование технологии термогравитационного дренирования пласта на Лыаельской площади Ярегского месторождения / С.П. Подойницын, С.Э. Терентьев; Под редакцией Н.Д. Цхадая // Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов. Материалы межрегиональной научно-технической конференции (13–14 ноября 2014 года, г. Ухта). – Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2015. – С. 70–75.
26. Рузин Л.М. Особенности разработки залежей высоковязкой нефти / Л.М. Рузин // Нефтегазовое дело. – 2015. – Т. 13. – № 2. – С. 58–67.

References

1. Process diagram of experimental-industrial development of formation III of Lyaelskaya area of the Yaregskoye oil field of the Komi Republic. – Ukhta : a branch of LLC LUKOIL-Engineering «PechornIPneft» in Ukhta (Minutes of Maintenance of CCR № 1050 dated 02.12.2015).
2. Bulatov A.I. Asphalt-resin-paraffin deposits and hydrate formation: warning and removal : in 2 vol. : textbook / A.I. Bulatov, G.V. Kusov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2011. – Vol. 1–2.
3. Bulatov A.I. Workshop on the discipline «Finishing oil and gas wells» : in 4 vol. : textbook / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2013–2014. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I. Overhaul of oil and gas wells : in 4 vol. / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2012–2015. – Vol. 1–4.
5. Bulatov A.I. Scientific foundations and practice of oil and gas well development / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremiychuk. – Krasnodar : Publishing House - South LLC, 2016. – 576 p.
6. Varlamov P.S. Reservoir testing equipment for hydrodynamic studies of oil and gas well formations / P.S. Varlamov [et al.]. – Ufa : Ufa polygraph plant, 2004. – 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. Popov V.V. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocheerkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
9. Ruzin L.M. Technological Principles for the Development of Abnormally Viscous Oil and Bitumen Deposits / L.M. Ruzin [et al.]. – Izhevsk : Izhevsk Institute for Computer Research, 2015. – 480 p.
10. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FSBOU VO KubSTU, 2019. – 275 p.
11. 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.
12. Savenok O.V. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells : monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M.; Vologda: Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
13. Savenok O.V. Oil field development design: manual : in 2 part. – Ukhta : Publishing House of Ukhta State Technical University, 2021.
14. Durkin S.M. Rationale for the application of the technology of differentiated thermogravity drainage of the formation by numerical modeling of the site of the Yaregsky place-birth / S.M. Durkin and others // Oil industry. – 2017. – № 6. – P. 101–103.
15. Durkin S.M. Adaptation of Thermogravity Drainage Technology (SAGD) for inhomogeneous deposits of high-viscosity oil using the example of Lyaelskaya Square of the Yaregskoye field / S.M. Durkin, I.N. Menshikova, O.A. Morozuk; Scientific editor A.N. Dmitrievsky // Fundamental basis of innovative technologies of the oil and gas industry: materials of the All-Russian scientific conference dedicated to the 30th anniversary of the Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences (October 11–13, 2017, Moscow). – M. : LLC Printing house «Analyst», 2017. – P. 57–58.
16. Durkin S.M. Improving the method of selecting deep-water pumping equipment for horizontal wells draining highly viscous oil deposits with the help of the Avtotechog program / S.M. Durkin [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2019. – № 2. – P. 41–45.
17. Zhangabylov R.A. Investigation of the efficiency of thermogravity drainage technology in conditions of inhomogeneous deposits of high-viscosity oil / R.A. Zhangabylov // Electronic scientific journal «Oil and Gas Business». – 2015. – № 3. – P. 143–161.
18. Kalinin S.A. Laboratory Studies of Thermochemical Compositions for Equalization of Steam Injection Well Acceptance Profile in Conditions of High Heterogeneity of a Bed Saturated with Extra Viscous Oil / S.A. Kalinin, S.A. Kalinin // Problems of Rework of Hydrocarbon and Ore Mineral Deposits. – 2020. – Vol. 2. – P. 171–177.
19. Lobanov D.V. Analysis of the experience of lowering the production string into horizontal wells on the Lyaelskaya Square of the Yaregskoye field / D.V. Lobanov // Severgeokotech-2012: materials of the XIII International Youth Scientific Conference (March 21–23, 2012, Ukhta) : in 6 parts. – Ukhta : Ukhta State Hhta State Techo university, 2013. – P. 31–35.

20. Menshikova I.N. Improving the technology of thermogravity drainage of the formation by numerical modeling for the conditions of the Lyaelskaya area of the Yaregskoye deposit / I.N. Menshikov [et al.] // Bulatovsky readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 156–161.
21. Menshikova I.N. Improving the technology of thermogravity drainage of the reservoir by numerical modeling for the conditions of the Lyaelskaya Square of the Yaregskoye field / I.N. Menshikova // Modern technologies in oil and gas business – 2017: a collection of works of the International Scientific and Technical Conference (March 31, 2017, Oktyabrsky) : 2 vol. – Ukhta : Ukhhta State Technical University, 2017. – P.118–121.
22. Mekhonoshin V.A. Analysis of the current state and efficiency of applied development technologies of Lyaelskaya Square of the Yaregskoye field / V.A. Mekhonoshin, O.V. Savenok // Innovative technologies in the production of building materials and structures: a collection of scientific works of the International Symposium (November 27–28, 2020, Tashkent). – Tashkent : Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan, Tashkent Institute of Architecture and Construction, 2020. – P. 276–282.
23. Mekhonoshin V.A. Selection of the installation of an electric centrifugal pump to the oil well of the Lyaelskaya square of the Yaregskoye field / V.A. Mekhonoshin, O.V. Savenok // Innovative technologies in the production of building materials and structures: a collection of scientific works of the International Symposium (November 27–28, 2020, Tashkent). – Tashkent : Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan, Tashkent Institute of Architecture and Construction, 2020. – P. 282–292.
24. Sailing V.D. Rationale for the use of steam gravity drainage technology to form a system for the development of heavy oil fields / V.D. Parubey // Ashirovsky readings. – 2017. – Vol. 1. – № 1–3 (9). – P. 408–416.
25. Podoyntsyn S.P. Modeling of Thermogravity Drainage Technology on Lyaelskaya Square of the Yaregskoye Field / S.P. Podoyntsyn, S.E. Terentyev; Edited by N.D. Tskhadai // Problems of development and operation of high-viscosity oil and bitumen deposits. Materials of the interregional scientific and technical conference (November 13–14, 2014, Ukhta). – Ukhta : Ukhta State Technical University, 2015. – P. 70–75.
26. Ruzin L.M. Features of development of highly viscous oil deposits / L.M. Ruzin // Oil and gas business. – 2015. – Vol. 13. – № 2. – P. 58–67.

УДК 622.276

**АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБОТКИ
И ВЫРАБОТКИ ЗАПАСОВ
ГАЗОНЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНОЕ**



**ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF DEVELOPMENT
AND PRODUCTION OF RESERVES
ON THE SEVERNOYE GAS AND OIL 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 «Нефтегазовые техника и технологии»
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»
kusovalisa@gmail.com

Аннотация. В статье приведена геолого-физическая характеристика газонефтяного месторождения Северное. По запасам месторождение является одним из крупнейших в Республике Казахстан. Особенность месторождения заключается в высоковязкой нефти (более 400 сПз), высокой минерализации воды, высокой неоднородности по проницаемости (20–6000 мД) при наличии естественной трещиноватости, наличии обширных водонефтяных зон. По совокупности имеющихся свойств запасы месторождения являются трудноизвлекаемыми. Анализ реализации ГТМ показывает в целом недостаточно эффективную систему разработки (КИН 0,284 доли ед. при утверждённом 0,313 доли ед.). Для этого было выбран физико-химический метод как один из эффективных способов увеличения КИН.

Ключевые слова: геолого-физическая характеристика месторождения; тектоника и стратиграфия месторождения; нефтегазоносность месторождения; анализ текущего состояния разработки; анализ реализации ГТМ по интенсификации добычи нефти; анализ выработки запасов.

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 Genadievna

Student training direction 21.05.06
«Oil and Gas Equipment and Technologies»
Saint Petersburg Mining University
kusovalisa@gmail.com

Annotation. The article presents the geological and physical characteristics of the Severnoye gas and oil field. In terms of reserves, the field is one of the largest in the Republic of Kazakhstan. The peculiarity of the field is high-viscosity oil (more than 400 cP), high salinity of water, high heterogeneity in permeability (20–6000 mD) in the presence of natural fracturing, the presence of extensive water-oil zones. In terms of the totality of the available properties, the reserves of the field are difficult to recover. Analysis of the implementation of geological and technical measures shows, on the whole, an insufficiently effective development system (oil recovery factor is 0.284 share of units with an approved share of 0.313 units). For this, the physicochemical method was chosen as one of the effective ways to increase the recovery factor.

Keywords: geological and physical characteristics of the deposit; field tectonics and stratigraphy; oil and gas content of the field; analysis of the current state of development; analysis of the implementation of geological and technical measures to intensify oil production; analysis of reserves development.

Общие сведения о месторождении

Газонефтяное месторождение Северное было открыто и получило промышленную оценку в 1974–1977 годах в Республике Казахстан. Запасы нефти, свободного и растворённого в нефти газа утверждены ГКЗ СССР по состоянию на 01.09.1977 г. (Протокол ГКЗ СССР № 7986 от 23.12.1977 г.) и приняты на Государственный баланс. Геологические запасы нефти составляли 329,5 млн тонн и газа 2154,2 млн м³, извлекаемые соответственно 89,8 млн тонн и 589,9 млн м³. Но по причинам экономического и организационно-технического характера месторождение долгое время находилось в консервации. Расположение месторождения приведено на рисунке 1.

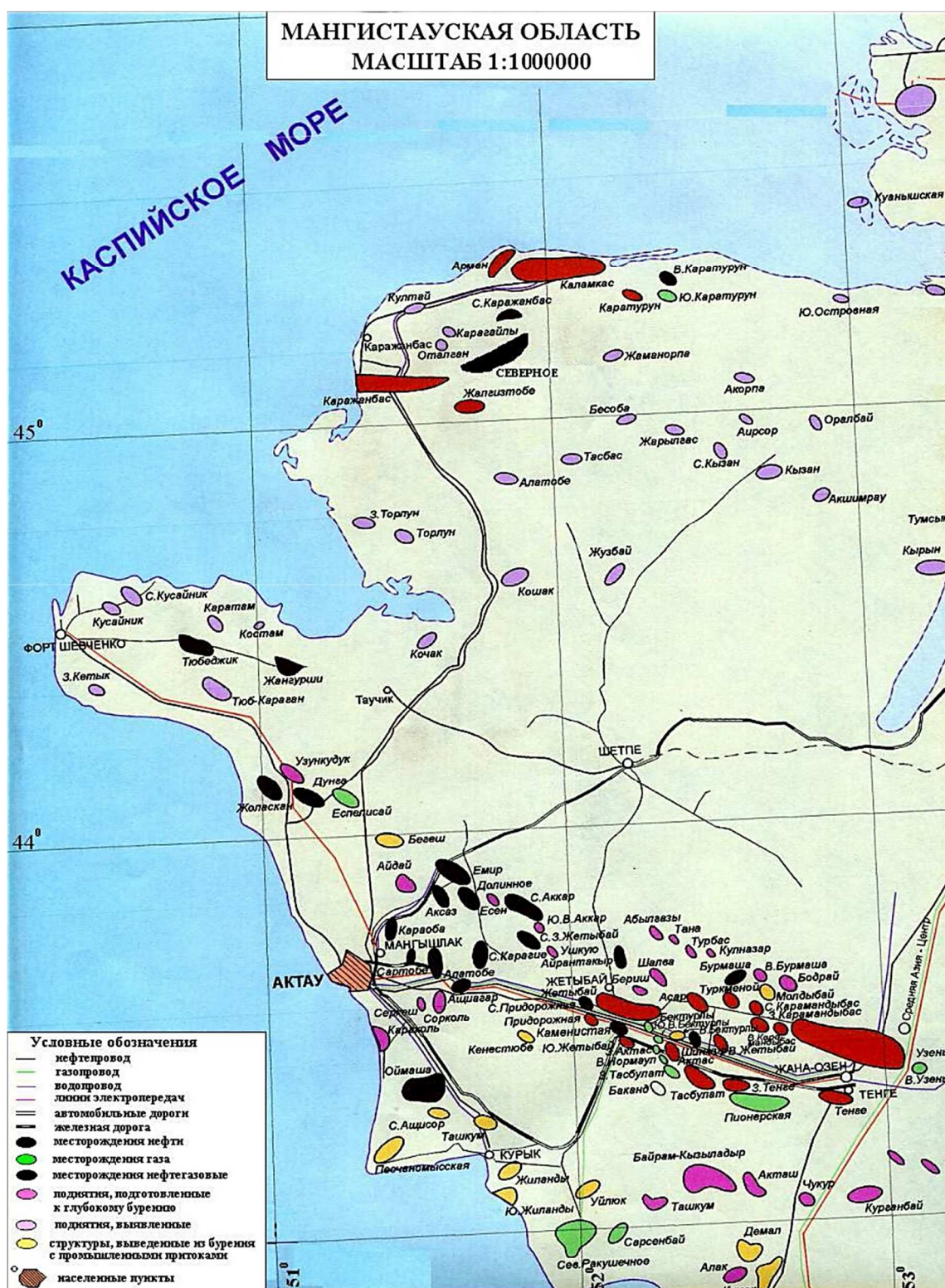


Рисунок 1 – Обзорная карта

В 1998 году был составлен «Проект опытно-промышленной разработки выбранного (ПОПР) участка Ю-I горизонта месторождения Северное». Из консервации месторождение было выведено в 1999 году. В соответствии с ПОПР были пробурены и введены в эксплуатацию, начиная с апреля 1999 года, 4 оценочно-эксплуатационные скважины: 2 вертикальные (№ 1 и 2) и 2 горизонтальные (№ 3у и 4з).

12.10.2000 г. ЦКР РК был утверждён «Проект пробной эксплуатации месторождения Северное». Согласно этим проектным документам было пробурено ещё 30 новых оценочных скважин № 5-34.

«Технологическая схема разработки месторождения Северное» утверждена протоколом ЦКР РК №27 от 23.07.2004 г. (ЗАО «НИПИнефтегаз» г. Актау), на основании которой началась и велась промышленная разработка месторождения в течение 2004–2008 гг. К реализации был принят вариант 2, предусматривающий комплексный метод разработки: в 2004 году – поддержание пластового давления (ППД) путём закачки холодной воды, в 2005–2008 гг. ППД путём закачки горячей воды, с 2009 года – ППД путём закачки раствора полимера.

Действующий проектный документ «Дополнение к Технологической схеме разработки месторождения Северное» утверждён Протоколом ЦКР РК № 58 от 06.08.2009 г. и «Анализ разработки месторождения Северное за период 2014-2016 гг.» согласован Протоколом ЦКРР МЭ РК №86 от 23.06. 2017 г. и утверждён письмом Комитета геологии и недропользования МИР РК.

Месторождение характеризуется водонапорным и растворённым газом (под действием растворённого газа) режимами залежей, высоковязкой нефтью, сложными геологическими условиями (невыдержанностью коллекторов по площади и по разрезу, высокой расчленённостью), наличием подстилаемых вод и газовых шапок.

Разработка ведётся по девятиточечной схеме с закачкой воды 90 оС, и продолжением уплотнения сетки скважин до 1,56 га/скв.

Тектоника месторождения

Территория месторождения Северное расположена в пределах двух тектонических элементов – Северного поднятия и Южного прогиба, которые относятся к Северо-Мангышлакской тектонической зоне (рис. 2).

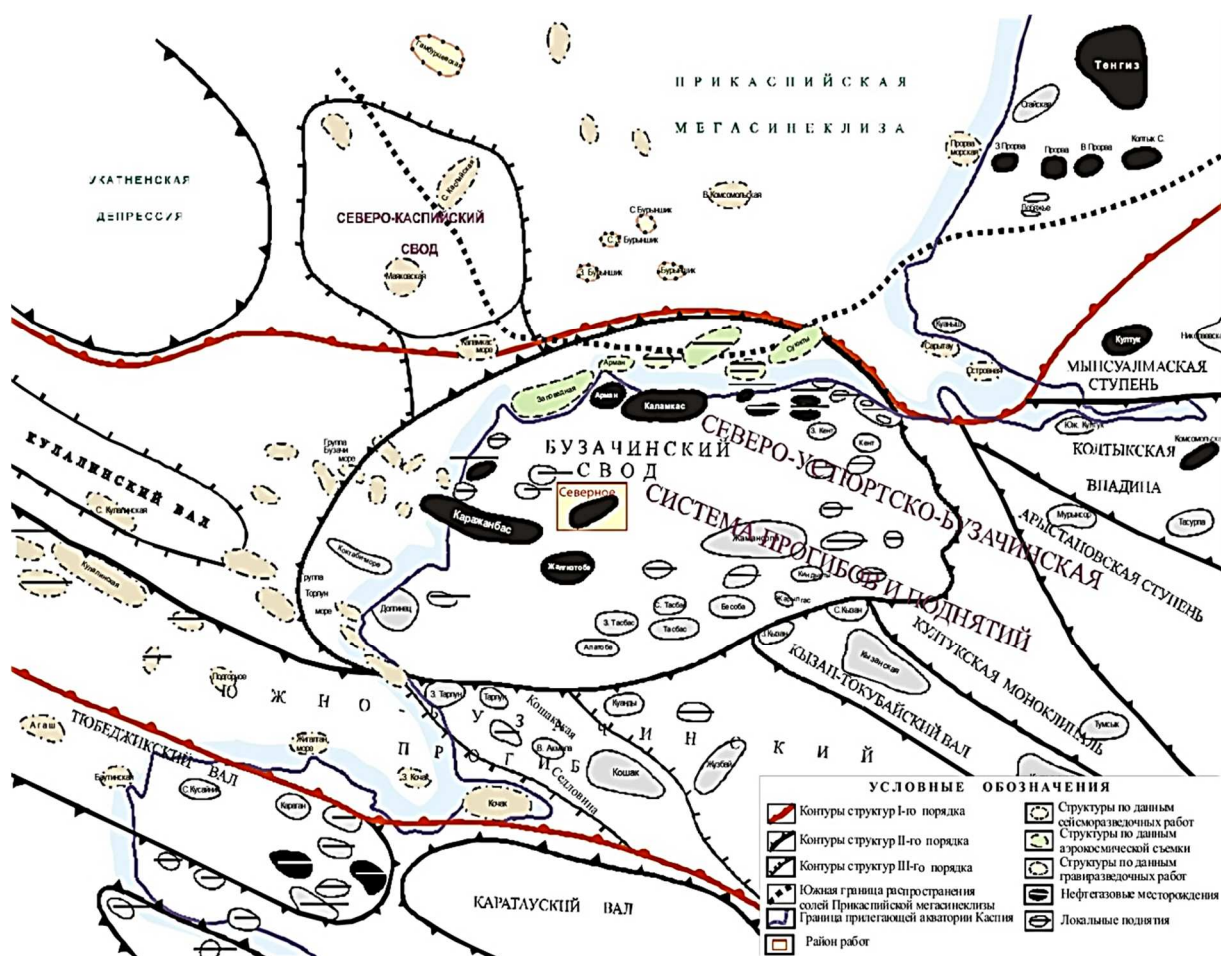


Рисунок 2 – Тектоническая схема Северо-Мангышлакской зоны

Структура месторождения Северное приурочена к брахиантиклинальной складке субширотного простирания, осложнённой многочисленными разрывными нарушениями субширотной и субмеридиальной ориентировки, запад-северо-восточного простирания.

Район расположения структуры характеризуется высокой тектонической активностью, способствовавшей образованию широкой сети тектонических нарушений, разбивших структуру на 14 основных блоков (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII (условно), IX, X, XI, XII (участок Кирель), XIII, XIV), при этом блок IV делится на три подблока (IV, IVa, IVб), блок V делится на три подблока (V, Va, Vб), блок VI делится на три подблока (VI, VIa, VIб). Наибольшей нарушенности подвергся доюрский комплекс отложений, выше по разрезу нарушенность заметно сокращается (рис. 3).

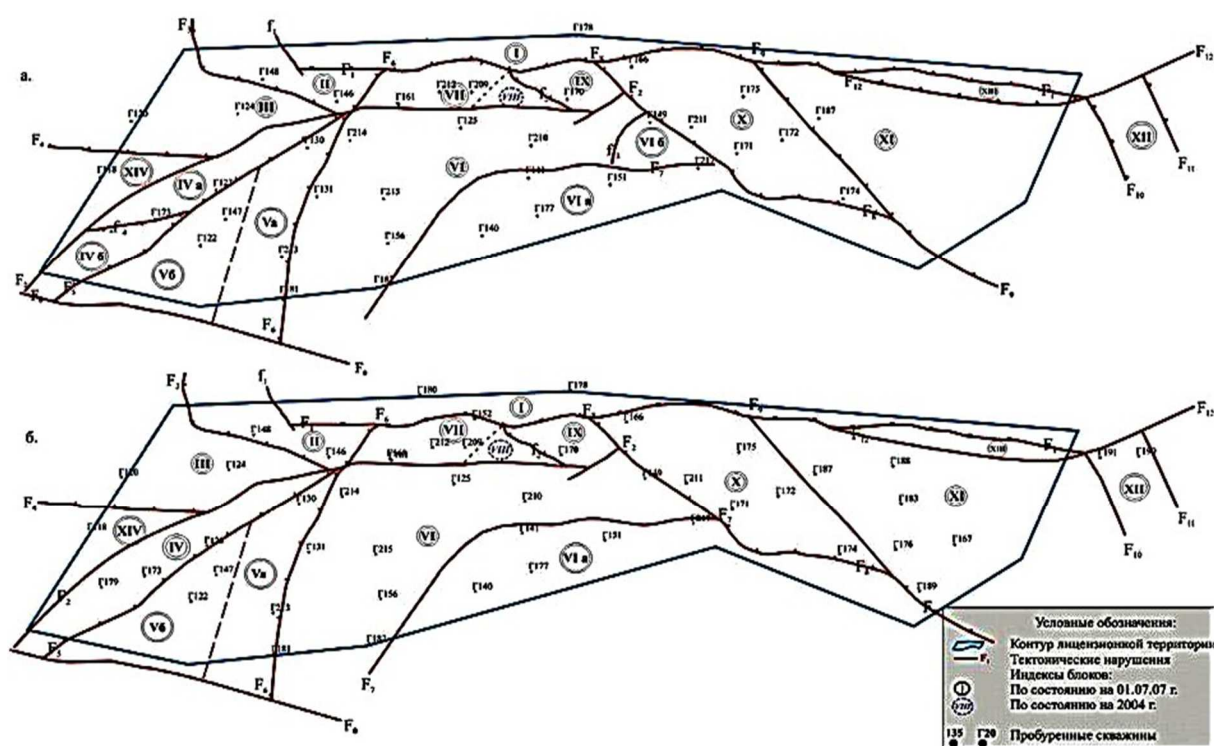


Рисунок 3 – Месторождение Северное.
Схема расположения блоков, принятая в пересчёте запасов (2018 г.):
а) по юрским отложениям; б) по меловым отложениям

Структурные карты по кровле юрских и меловых отложений показаны на рисунках 4 и 5.

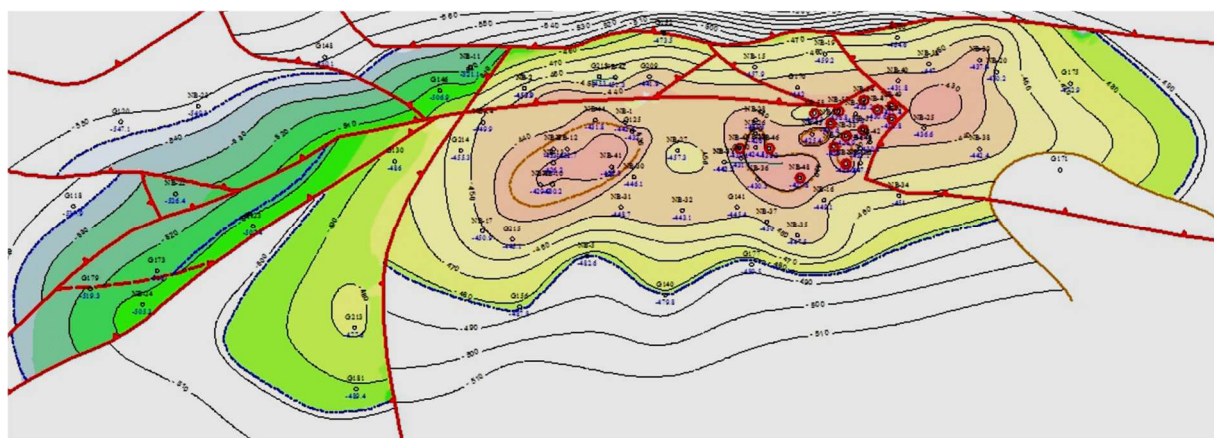


Рисунок 4 – Структурная карта по кровле юрских отложений

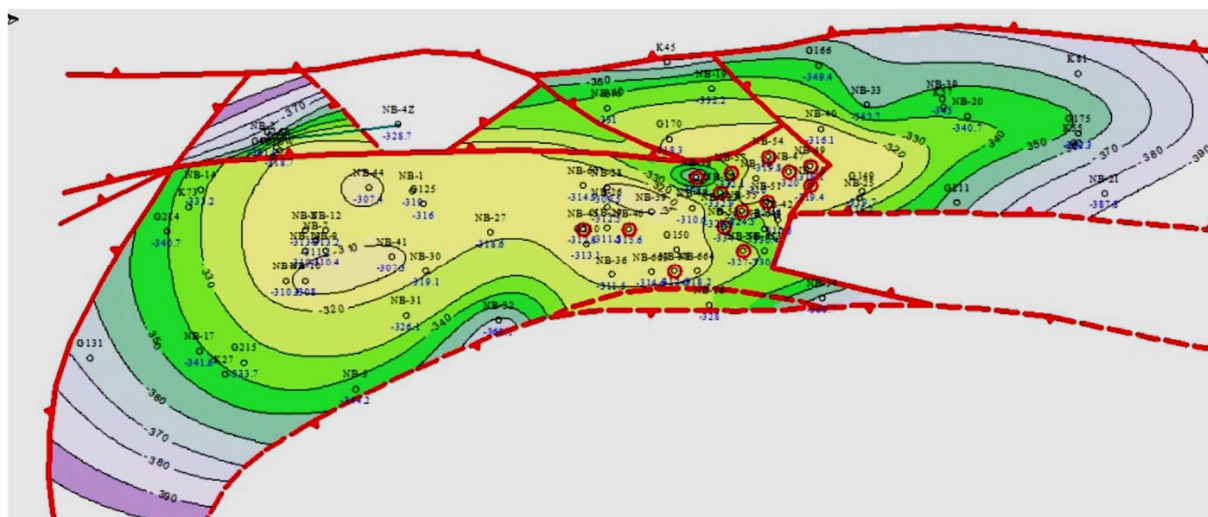


Рисунок 5 – Структурная карта по кровле меловых отложений

Самый протяжённый разлом восточно-западный, является основным тектоническим нарушением, отделяющим северное крыло структуры, опущенное относительно южного крыла. Амплитуда сброса достигает 80–100 м, наблюдается её уменьшение к западу, в переходной зоне, где разлом сочленяется с основным взбросом Каражанбаской антиклинали на юго-западе.

Структурно-тектоническое строение месторождения основывается на результатах интерпретации сейсморазведочных работ с учётом данных сейсмических съёмок 2Д и 3Д, в комплексе с данными ГИС и опробования более 1500 пробуренных на месторождении скважин.

Стратиграфия месторождения

Разрез осадочной толщи месторождения Северное изучен до глубины 3500 м (скважина № 7). В разрезе вскрыты отложения верхнепалеозойского, триасового, юрского и раннемелового возрастов и полностью отсутствуют отложения средне-позднетриасового, раннеюрского, позднеюрского, позднемелового и палеогенового возраста.

Верхнепалеозойские отложения встречены только единожды в интервале глубин 1987–3500 м (скважина № 7). Толща верхнепалеозойских отложений сложена, в основном, неравномерно переслаивающимися тёмноцветными, сильно карбонатными аргиллитами и мергелеподобными органогенно-обломочными известняками, среди которых отмечаются светло-серые органогенно-обломочные и брекчиевидные доломитовые известняки.

Триасовые отложения вскрыты значительным числом скважин на всей рассматриваемой территории. В литологическом отношении представлены толщей аргиллитоподобных глин и аргиллитов коричнево-бурого, реже зеленовато-серого цвета и мелкозернистыми песчаниками с подчинёнными прослоями известняков, мергелей и алевролитов. Толщина триасовых отложений составляет более 900 м.

Юрские отложения залегают на размытой и выветренной поверхности триасовых образований, при этом в литологическом отношении сложены переслаиванием сероцветных глин, алевролитов и песчаников. Отложения средней юры представлены в объёме нижнебайосского и верхнебайоссо-батского ярусов.

Нижнебайосские отложения представлены песками тёмно-серыми с буроватым оттенком, мелкозернистыми, с прослоями глин, включениями угля и обугленных растительных остатков. К отложениям нижнего байоса относится продуктивный горизонт Ю2 с толщиной более 160 м.

Толща верхнебайосско-батских отложений сложена песками тёмно-серыми с буроватым оттенком, мелкозернистыми, кварцевыми, битуминозными, с прослоями глин тёмно-серых с обломками гастропод, остракод, фораминифер. К отложениям этого возраста приурочен продуктивный горизонт Ю1.

Толщина среднеюрских отложений изменяется от первых метров в районе выхода триасовых отложений под поверхность предмелового размыва до 278 м (скважина № 6102-3).

Породы мелового возраста залегают с размывом на среднеюрских и местами нижнетриасовых отложениях. Представлены нижним отделом и включают в себя отложения неокомского надъяруса (берриас-валанжинского, готеривского ярусов, кугусемской свиты – верхний готерив-баррем), аптского и альбского ярусов.

Отложения берриас-валанжинского (K1b-v) и нижней части готеривского (K1g1) литологически представлены переслаиванием сероватых песчаников мелкозернистых, слабосцементированных с глинами серыми, зеленовато-серыми и кирпично-красными; песками серо-бурыми, мелкозернистыми, глинистыми; алевролитами слабосцементированными; с редкими обломками зеленовато-серых мелкозернистых известняков; обломками обуглившись растительных остатков. К отложениям берриас-валанжинского (K1b-v) и нижней части готеривского (K1g1) ярусов приурочен продуктивный пласт Д.

Отложения верхнего готерива – баррема (K1g1-br) (кугусемской свиты), к которым приурочены продуктивные пласты А1, А2, Б, В и Г представлены переслаиванием красно-бурых, зеленовато-серых глин, алевролитов мелко-крупнозернистых, песчаников мелкозернистых, полимиктовых, алевролитистых песков от серых до чёрных, мелкозернистых, некарбонатных, кварцевых, с глинистым цементом.

Толщина неокомского надъяруса изменяется от 20 м до 323 м.

Аптский ярус K1a со стратиграфическим несогласием перекрывает породы кугусемской свиты, представлен в основном песчано-алевролитовыми породами, с незначительным содержанием гравийно-галечного материала, местами встречаются тёмно-серые глины, переслаивающиеся с алевролитами. Толщина яруса изменяется от 88 до 162 м.

Альбский ярус K1a1 залегают на аптских отложениях с незначительным размывом, альбские отложения сложены преимущественно песчано-алевролитовыми разностями пород, переслаивающихся с глинистыми породами. Толщина яруса изменяется от 156 до 451 м.

Четвертичные отложения с размывом залегают на нижнемеловых отложениях и сложены песками, суглинками и супесями. Толщина отложений не превышает 30–35 м.

Нефтегазоносность месторождения

Нефтегазоносность месторождения связана с юрско-меловым комплексом. В пределах продуктивного разреза месторождения выделяется 10 пластов в меловых отложениях (А, А1, А2, Б, В, Гв, Гн, Д1в, Д1н и Д2), которые образуют меловой объект (II объект) разработки, два горизонта (Ю1 и Ю2) в юрских, объединённые в юрский объект (I объект) разработки (рис. 6).

Пласт А залегают в самой верхней части продуктивного разреза, состоит из одного, реже двух или трёх пропластков незначительной толщины. В большом количестве скважин представлен непроницаемыми разностями, образуя обширные зоны отсутствия коллектора.

Пласт А1 является более мощным и выдержанным по площади. Содержит основные запасы нефти мелового продуктивного объекта.

Пласт А2 залегают несколько ниже пласта А1 и имеет эпизодическое распространение.

Пласты А, А1 и А2 содержат газовые шапки.

Пласты Б и В также имеют зональное распространение и характеризуются наличием значительных зон замещения коллекторов непроницаемыми породами.

Для пласта Г характерно наличие двух пропластков, разделённых между собой глинами (пласты Гв и Гн).

Далее залегают пласт Д1, который в свою очередь, также состоит из двух частей – верхней Д1в и нижней Д1н.

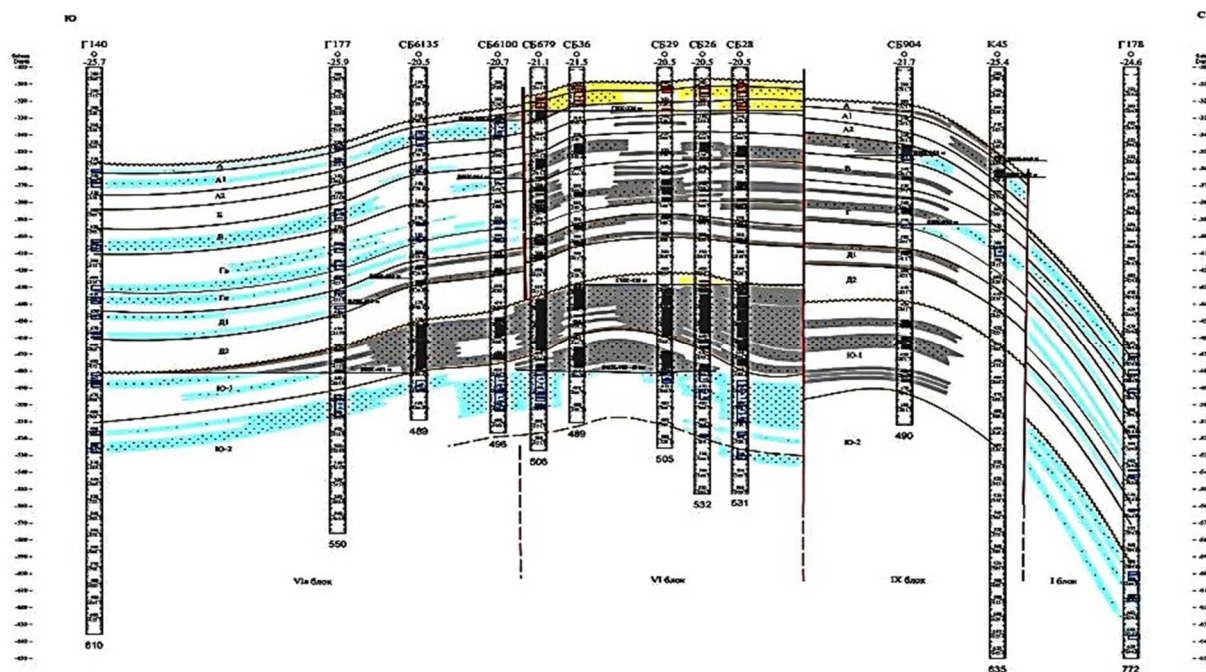


Рисунок 6 – Геологический профиль с юга на север

Ниже пласта Д1 в ряде скважин по каротажу выделяются отдельные интервалы, которые могут представлять интерес в отношении нефтеносности и названные Д2. Как коллектор имеет весьма ограниченную площадь распространения в районе X блока.

Меловой продуктивный разрез имеет общую толщину пластов-коллекторов в среднем по объекту 121,3 м при изменениях от 111,2 до 132,5 м. Эффективная толщина меняется от 4,4 до 42,8 м, составляя в среднем 20,8 м. Средняя нефтенасыщенная толщина равна 11,9 м, газонасыщенная – 3,2 м при колебаниях от 0,7 до 29 м и от 0,5 до 6,8 м, соответственно. Коэффициент песчаности, определённый по 149 новым скважинам, для мелового объекта разработки равен 0,17, коэффициент расчленённости составил 11,9.

Юрский продуктивный разрез разделяется на горизонты Ю1 и Ю2, содержащие основные запасы нефти (около 70 %) месторождения Северное, и горизонт Ю3, который является водоносным. Отложения горизонта Ю1 на востоке месторождения отсутствуют вследствие размыва, и на поверхность предмелового размыва выходят отложения горизонта Ю2. К горизонту Ю1 приурочены две газовые шапки. Общая толщина вскрытой части юрского разреза меняется от 27 до 142,8 м, составляя в среднем 64,4 м. Эффективная толщина варьируется от 2,2 м до 77,2 м, среднее значение равно 21,7 м. Нефтенасыщенная толщина в среднем равна 11,4 м, варьируется от 0,6 до 54,4 м. Газонасыщенная толщина меняется от 0,6 до 7 м, при среднем значении 3,1 м. Коэффициент песчаности, определённый по данным 150 скважин, для юрского объекта разработки равен 0,33, коэффициент расчленённости составил 8,6.

Каждый пласт или горизонт содержит самостоятельные нефтегазовые или нефтяные залежи в отдельных тектонических блоках.

Характеристика пород-коллекторов

В продуктивных отложениях в основном терригенные коллекторы порового типа. По вещественному составу песчаные породы относятся к полимиктовым.

В меловом горизонте средняя пористость 0,272 доли ед., с интервалами 0,2–0,372 доли ед., проницаемость – 303 мД, интервалы 5–10357 мД.

В юрском горизонте пористость составила 0,293 доли ед., интервалы 0,2–0,377 доли ед., проницаемость – 569 мД, интервалы 1–11100 мД.

Породы коллекторов месторождения отличаются высокой степенью неоднородности как по пористости, так и по проницаемости.

Верхние залегающие пласты А, А1 и А2 имеют газовые шапки, распространённые на основных блоках продуктивной площади. Также небольшие газовые шапки имеются в горизонте Ю1. Этот факт осложняет разработку нефтяных залежей, расположенных в подгазовых зонах и непосредственной близости к ним. Газ всех горизонтов имеет одинаковый компонентный состав, основным компонентом газа является метан – свыше 90 %. Компонентный состав свободного газа практически не отличается от состава нефтяного газа.

Объекты разработки месторождения по площади имеют незначительную долю чисто нефтяных зон – продуктивные нефтяные пласты подстилаются подошвенными водами, что также осложняет эксплуатацию скважин и выработку запасов в преимущественно водонефтяных зонах (подтягивание подошвенных вод, прорывы закачиваемых вод и т.д.).

Начальное пластовое давление I объекта составляет 5,8 МПа, II объекта – 4,7 МПа.

Свойства пластовых флюидов

Свойства нефти незначительно и закономерно изменяются по площади залежей. Плотность, вязкость, содержание асфальто-смолистых веществ возрастают от свода к контуру залежи.

Физико-химические свойства пластовой нефти по меловым и юрским горизонтам близки между собой. Нефть месторождения Северное тяжёлая, высоковязкая, слабо насыщена газом.

Среднее значение давления насыщения нефти газом по меловым горизонтам составляет 1,81 МПа, по юрским – 1,93 МПа; газосодержание 6,34 м³/т и 7,16 м³/т соответственно, объёмный коэффициент от 1,011 до 1,049 доли ед. (среднее 1,028), плотность от 0,9186 до 0,9363 г/см³ (среднее 0,928). Вязкость пластовой нефти по пробам изменяется в диапазоне от 122 мПа × с до 864 мПа × с, составляя в среднем по меловым горизонтам 491 мПа × с, по юрским 415 мПа × с.

Дегазированная нефть, как меловых, так и юрских отложений относительно однородна, с плотностью при 20 °С от 0,9267 до 0,9487 г/см³, высоковязкая (кинематическая вязкость до 1532 мм²/с при 20 °С, до 290,4 мПа × с при 50 °С), высокосернистая (до 2,17 %), парафинистая (до 3,48 % масс.). Большие значения плотности и кинематической вязкости обусловлены значительным содержанием асфальто-смолистых веществ, достигающих до 27,52 % масс. Температура застывания в пределах от минус 9 до минус 33 °С. Минерализация пластовых вод варьируется от 57 до 60 г/л, плотностью 1,039–1,044 г/см³. Жёсткость вод варьируется от 170 до 182 мг-экв./л. Среда воды нейтральная.

Геолого-физическая характеристика месторождения Северное представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Геолого-физическая характеристика месторождения Северное

№ n/n	Параметр	Северное месторождение	
		юра (I объект)	мел (II объект)
1	2	3	4
1	Глубина середины залежи, м	470	340
2	ГНК, м	(– 428) ÷ (– 436)	(– 326) ÷ (– 413)
3	ВНК, м	(– 480) ÷ (– 546)	(– 326) ÷ (– 439)
4	Типы залежей	пластовая, сводовая, тектонически, стратиграфически и литологически экранированная	
5	Типы коллекторов	терригенно-поровый (песчаник)	
6	Нефтегазонасыщенная площадь С ₁ + С ₂ , тыс. м ³	89463	263694
7	Средняя толщина, м	64,4	121,3
8	Эффективная толщина, м	21,7	20,8
9	Средняя газонасыщенная толщина, м	3,1	3,2

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
10	Средняя нефтенасыщенная толщина, м	11,4	13,7
11	Коэффициент пористости, доли ед.	0,34	0,33
12	Нефтенасыщенность, доли ед.	0,73	0,64
13	Коэффициент пористости по гидродинамическому анализу, мкм ²	2,43	1,60
14	Коэффициент проницаемости по керну, мкм ²	1,405	2,186
15	Коэффициент песчанности, доли ед.	0,33	0,17
16	Коэффициент расчленённости, доли ед.	8,6	11,9
17	Пластовая температура, °С	31	26
18	Начальное пластовое давление, МПа	5,8	4,7
19	Текущее давление насыщения нефти газом, МПа	1,64	1,51
20	Вязкость нефти в стандартных условиях, МПа × с	415	491
21	Плотность нефти в пластовых условиях, г/см ³	0,927	0,928
22	Плотность нефти в стандартных условиях, г/см ³	0,9372	0,9362
23	Объёмный коэффициент, доли ед.	1,018	1,020
24	Содержание серы, %	2,20	2,05
25	Содержание парафина, %	1,80	2,01
26	Растворённый газ в нефти, г/см ³	7,16	6,34
27	Вязкость пластовой воды, г/см ³	1,05	1,05
28	Плотность пластовой воды, г/см ³	1,04	1,04
29	Средний коэффициент продуктивности, м ³ / (сут. × МПа)	10,5	8,5
30	Средний коэффициент продуктивности на метр, м ³ / (сут. × МПа)	0,18	0,33

Запасы нефти и газа

По месторождению начальные геологические (извлекаемые) запасы нефти составили 329500 (89844) тыс. тонн и растворённого в ней газа 2154,5 (589,8) млн м³ (табл. 2).

Таблица 2 – Запасы нефти и газа

Флюиды	Юрский горизонт (I объект)				Меловой горизонт (II объект)			Общее
	категории залежей, геологические (извлекаемые)			всего	категории залежей, геологические (извлекаемые)		всего	
	B	C ₁	C ₂		C ₁	C ₂		
Нефть, тыс. тонн	110587 (34921)	94259 (29048)	559 (174)	205405 (64143)	104029 (21727)	20067 (3974)	124096 (25701)	329501 (89844)
Растворённый газ, млн м ³	704,4 (222,6)	658,1 (203)	3,6 (1,1)	1366,1 (426,7)	661,1 (138,1)	127,3 (25,1)	788,4 (163,2)	2154,5 (589,9)
КИН нефти	0,313				0,211			

Анализ текущего состояния разработки

По состоянию на 01.12.2018 г. всего на месторождении Северное пробурено 1571 скважина, в том числе: 1108 добывающих, 379 нагнетательных, 16 водозаборных, 64 контрольных и 4 ликвидированных.

Добыча нефти, газа, жидкости и обводнённость продукции по годам приведена на рисунке 7.

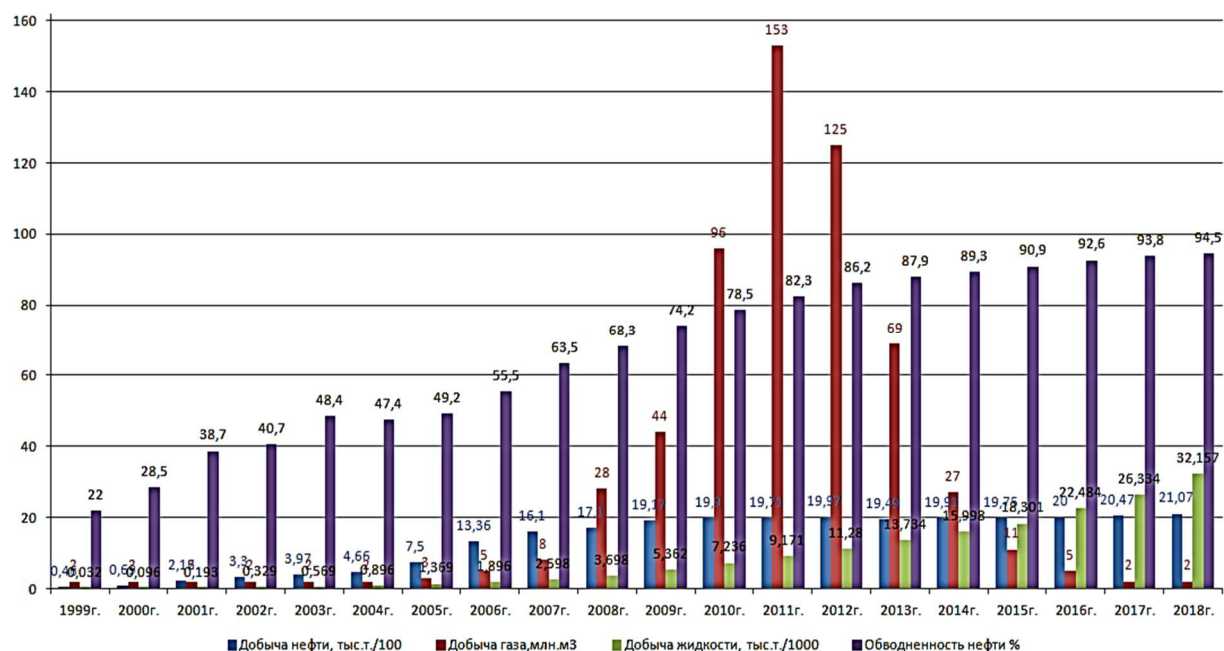


Рисунок 7 – График разработки месторождения

Средняя текущая обводнённость составила 92,2 %, в том числе по I объекту (юра) 93,1 %, по II объекту (мел) 90,7 %.

Средний дебит одной добывающей скважины по жидкости составил 55 тонн/сут., по нефти 4,3 тонн/сут., по I объекту (юра) соответственно 60 тонн/сут. и 4,1 тонн/сут., по II объекту (мел) соответственно 42 тонн/сут. и 3,9 тонн/сут.

Средняя приёмистость одной нагнетательной скважины составила 139 м³/сут., по I объекту (юра) 115 м³/сут., по II объекту (мел) 100 м³/сут.

Темп отбора от НИЗ (начальных извлекаемых запасов) составил 1,53 %, в том числе по I объекту (юра) 1,20 %, по II объекту (мел) 2,51 %.

Анализ реализации ГТМ по ИДН и повышение нефтеотдачи пласта

Во время эксплуатации скважин и наземного оборудования встречаются разного рода осложнения, такие как загрязнение ПЗП добывающих и нагнетательных скважин, увеличение обводнённости при добыче, коррозия скважинного и наземного оборудования. Всё это непосредственно оказывает негативное влияние на дебит, оборудование, ремонт скважин.

Был проведён ряд геолого-технических мероприятий по изоляции водопритоков, ликвидации газопритоков, мероприятия по интенсификации добычи и повышения нефтеотдачи пласта.

Система ППД

В среднем эффективность при 90 °С составляет 65 %; изменяя объём закачиваемой воды на 1300–2500 м³/сут., получаем прирост добычи со 150–230 тонн/сут. с обводнённостью от 25–93 % по скважинам.

После стационарной закачки воды циклическая даёт в целом незначительный прирост нефтеотдачи (100–160 тонн/сут. в период циклической закачки), обводнённость увеличивалась до 80–89 %.

Изоляция водопритоков

В среднем проводится с успешностью 50,0–87,5 %, с приростом нефти от 1,0–5,9 тонн/сут., уменьшением добываемой жидкости от 0,5–90,5 тонн/сут., сокращением обводнённости 4,1–68,5 % по реагирующим скважинам.

Водоизоляция проводилась путём установки цементной пробки и её перфорацией с применением химических реагентов.

Изоляция газопроявлений

В целом изоляция проводится успешно и достигает 96 %, газовый фактор при этом уменьшается с 5,5–6082 м³/сут., прирост нефти изменился с 3,0–3,29 тонн/сут., добыча жидкости с 2,5–12,6 тонн/сут.

Интенсификация добычи нефти

ИДН за период с 2009–2011 гг. включает:

- кислотная обработка призабойной зоны;
- обработка призабойной по технологии ЭВ;
- оптимизация работы скважин;
- гидроманифольдная щелевая перфорация (ГМЦП);
- дополнительная перфорация меловых и юрских горизонтов;
- приобщение меловых горизонтов;
- бурение боковых стволов (БГС).

Обработка призабойной зоны (ОПЗ)

Успешность составила 39,6 %, прирост нефти составил 6,0–2,8 тонн/сут., прирост жидкости 8–3 тонн/сут.

Гидроразрыв пласта (ГРП)

Успешность колеблется в пределах 96 %, прирост по нефти и жидкости составил 5–7 тонн/сут. и 15,3–24,9 тонн/сут. соответственно.

ГРП проводится при помощи гелевого раствора WG46/20DSH на водной основе и расклинивающего агента проппанта.

Щелевая и дополнительная перфорация

Успешность 73,3 %, прирост нефти и жидкости соответственно составил 3,62–1,45 тонн/сут. и 3,72–56,47 тонн/сут.

Успешность дополнительной перфорации составляет 67,9 %, прирост нефти и жидкости соответственно составил 5,98–39,61 тонн/сут. и 9,56–65,53 тонн/сут.

Оптимизация работы скважин

Оптимизация работы скважин включает:

- смену глубинно-насосного оборудования (ГНО);
- увеличение оборотов;
- оптимизацию режима работы ГНО;
- углубление насоса;
- увеличение типоразмера насоса и ввод из БД с пуском насоса.

Успешность составила 71,36 %, прирост нефти и жидкости соответственно составил 24,6–69,2 тонн/сут. и 51–168 тонн/сут.

Приобщение меловых горизонтов

Успешность составила 93,1 %, прирост нефти и жидкости соответственно составил 8,4–19,52 тонн/сут. и 8,02–92,9 тонн/сут.

Бурение бокового ствола

Успешность 80,83 %, прирост нефти и жидкости соответственно 4–40 тонн/сут. и 10–85 тонн/сут.

Метод фильтрации взрывных волн (МФВВ)

Успешность 31,66 %, прирост нефти и жидкости соответственно составил 5,5–12,0 тонн/сут. и 25–60 тонн/сут.

В основу метода фильтрации взрывных волн входит воздействие на слабодренлируемые зоны пласта при помощи ударной волны, которая изменяет реологические и термодинамические свойства состояния залежи. Метод осуществляется при помощи закачки больших объемов энергии взрывчатых веществ с помощью аппарата АДС-6 (аккумулятор давления скважины).

Анализ выработки запасов

С начала разработки месторождения накопленная добыча нефти составила 26874 тыс. тонн, в том числе по I объекту (юра) 18932 тыс. тонн, по II объекту (мел) 7942 тыс. тонн.

Накопленная добыча жидкости составила 173733 тыс. тонн, в том числе по I объекту (юра) 126246 тыс. тонн, по II объекту (мел) 47487 тыс. тонн.

Накопленная добыча попутного газа составила 590 тыс. м³, в том числе по I объекту (юра) 388 тыс. м³, по II объекту (мел) 202 тыс. м³.

Накопленная закачка рабочих агентов составила 109705 тыс. м³, в том числе по I объекту (юра) 74382 тыс. м³, по II объекту (мел) 35323 тыс. м³.

Текущая компенсация отбора жидкости закачкой составила 93,6 %, в том числе по I объекту (юра) 82,9 %, по II объекту (мел) 113,9 %.

Отбор от НИЗ (начальных извлекаемых запасов) составил 27,49 % (рис. 8), в том числе по I объекту (юра) 26,57 %, по II объекту (мел) 30,21 %.



Рисунок 8 – Отбор от НИЗ

Остаточные запасы нефти от НИЗ по категории А, В, С1 составили 62970 тыс. тонн, в том числе по I объекту (юра) 47786 тыс. тонн, по II объекту (мел) 15184 тыс. тонн.

Выводы

Месторождение находится на 2-й стадии разработки, ведётся максимальная добыча нефти, начиная с 2010 года, поддерживаемый объём добычи составляет 2000 тыс. тонн.

Обводнённость растёт, начиная с момента разработки, и составляет на данный момент 92–94,5 %.

Пик добываемого газа был в 2011 году, он связан с вводом нового оборудования для подогрева воды системы ППД с дальнейшим его сокращением, рассматривается вариант заимствования газа с рядом расположенных месторождений, например, Арман.

Поддержание добычи на заданном уровне достигается путём применения различных ГТМ, системы ППД, полимерного воздействия и увеличения отборов жидкости.

Отбор от НИЗ составил 27,49 % или 26874 тыс. тонн нефти.

Реализация существующей системы разработки недостаточно эффективна, КИН составляет 0,284 доли ед., утверждённый 0,313 доли ед. Поэтому на месторождении необходимо реализовать технологию повышения нефтеотдачи пласта. В качестве приоритетной рассматривается применение технологии полимерного заводнения.

Литература

1. Отчёты НИР «Научно-техническое сопровождение изучения горно-геологического строения месторождения Северное» / Сводный отчёт за 2017 год. – China Petroleum Technology & Development Corporation (CPTDC, Китай).
2. 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.
3. 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.

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. Ладенко А.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений / А.А. Ладенко, О.В. Савенок. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 244 с.
6. Попов В.В. Геоинформатика нефтегазовых скважин / В.В. Попов [и др.]. – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2018. – 292 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. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
9. Савенок О.В. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин : монография / О.В. Савенок [и др.]. – М.; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
10. Савенок О.В. Проектирование разработки нефтяных месторождений : учеб. пособие : в 2 частях. – Ухта : Издательство Ухтинского государственного технического университета, 2021.
11. Байрачный Д.В. Реологические исследования полимерных растворов / Д.В. Байрачный, И.Р. Раупов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 20–22.
12. Кузьмин Е.В. Анализ эффективности технологий внутрискважинной водоизоляции с применением полимерных составов / Е.В. Кузьмин, И.Р. Раупов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 124–126.
13. Мариампольский Н.А. Комбинированное использование вязкоупругого состава и полимерцемента для ликвидации водопритока в эксплуатационной скважине / Н.А. Мариампольский, Н.Б. Савенок, О.В. Савенок // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 1996. – № 4. – С. 22–24.
14. Рафикова К.Р. Опыт применения микрогелевых полимерных составов на месторождениях Республики Татарстан / К.Р. Рафикова, М.Р. Хисаметдинов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 232–234.
15. 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. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
16. Савенок О.В. Оценка эффективности применения водопоглощающих смол для изоляции макропор и выравнивания фронта вытеснения нефти / О.В. Савенок, Л.В. Поварова, А.С. Аванесов // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 179–183.
17. Савенок О.В. Оценка влияния различных факторов на свойства полимерного раствора, используемого для повышения КИН на месторождении Северное / О.В. Савенок, Л.В. Поварова, А.С. Аванесов // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 2. – С. 184–189.

References

1. Reports of the Research Institute «Scientific and Technical Support for the Study of the Mining and Geological Structure of the Severnoye Deposit» / Consolidated Report for 2017. – China Petroleum Technology & Development Corporation (CPTDC, China).
2. Bulatov A.I. Workshop on the discipline «Finishing oil and gas wells» : in 4 vol. : textbook / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2013–2014. – Vol. 1–4.
3. Bulatov A.I. Overhaul of oil and gas wells : in 4 vol. / A.I. Bulatov, O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2012–2015. – Vol. 1–4.
4. Bulatov A.I. Scientific foundations and practice of oil and gas well development / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremychuk. – Krasnodar : Publishing House – South LLC, 2016. – 576 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. Popov V.V. Geoinformatics of oil and gas wells / V.V. Popov [et al.]. – Novocherkassk : Publishing house «Lik», 2018. – 292 p.
7. Savenok O.V. Development of oil and gas fields / O.V. Savenok, A.A. Ladenko. – Krasnodar : Ed. FSBOU VO KubSTU, 2019. – 275 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. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells : monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M.; Vologda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
10. Savenok O.V. Oil field development design: training manual : in 2 parts. – Ukhta : Publishing house of Ukhta State Technical University, 2021.

11. Bairachny D.V. Rheological studies of polymer solution s/ D.V. Bairachny, I.R. Raupov // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 20–22.
12. Kuzmin E.V. Analysis of the efficiency of intraflast water insulation technologies using polymer compositions / E.V. Kuzmin, I.R. Raupov // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 124–126.
13. Mariampolsky N.A. Combined use of viscoelastic composition and polymer-cement to eliminate water inflow in production well / N.A. Mariampolsky, N.B. Savenok, O.V. Savenok // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 1996. – № 4. – P. 22–24.
14. Rafikova K.R. Experience of using microgel polymer compositions at deposits of the Republic of Tatarstan / K.R. Rafikova, M.R. Khisametdinov // Bulatov readings. – 2017. – Vol. 2. – P. 232–234.
15. Savenok O.V. Nefteotdacha formation and ways to increase it / O.V. Savenok, L.G. Kusova // Bulletin of Student Science, Department of Information Systems and Programming, 2018. – № 03(6). – P. 97–120. – URL : vsn.esrae.ru/6-31; URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/03/31.PDF>
16. Savenok O.V. Evaluation of the effectiveness of the use of water-absorbing resins for isolating macropores and leveling the oil displacement front/O.V. Savenok, L.V. Povarova, A.S. Avanesov // Bulatov readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 179–183.
17. Savenok O.V. Assessment of the influence of various factors on the properties of the polymer solution used to increase the KIN at the Severnoye deposit / O.V. Savenok, L.V. Povarova, A.S. Avanesov // Bulatov readings. – 2019. – Vol. 2. – P. 184–189.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ



PEDAGOGICAL SCIENCES

УДК 37

**ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ И ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКОЙ СИСТЕМ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ
(СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЙ АСПЕКТ)**



**FEATURES OF THE RUSSIAN AND WESTERN EUROPEAN HIGHER
EDUCATION SYSTEMS AT THE PRESENT STAGE
(COMPARATIVE ASPECT)**

Дворная Зинаида Михайловна

Кубанский государственный
технологический университет
Zinaida11-12@ya.ru

Дворная Зинаида Львовна

Кубанский государственный
технологический университет
Zinaida11-12@ya.ru

Аннотация. В статье проводится сравнительный анализ двух систем высшего образования – российской и западноевропейской. При сопоставлении их особенностей характеризуется функциональная направленность каждой из систем образования. Рассматриваются разные подходы к обучению студентов, соответственно, к подготовке квалифицированных кадров в РФ и в западноевропейских государствах.

Ключевые слова: Болонская конвенция, стандартизация образовательной системы, умения и навыки, бакалавриат, магистратура, специалитет, модернизация системы образования, профессиональная деятельность, компетентностный подход, учебная деятельность.

Dvornaya Zinaida Mikhailovna

Kuban State Technological University
Zinaida11-12@ya.ru

Dvornaya Zinaida Lvovna

Kuban State Technological University
Zinaida11-12@ya.ru

Annotation. The article presents a comparative analysis of two higher education systems – Russian and Western European. When comparing their features, the functional orientation of each of the education systems is characterized. Different approaches to the training of students, respectively, to the training of qualified personnel in the Russian Federation and in Western European states are considered.

Keywords: the Bologna Convention, standardization of the educational system, skills and abilities, bachelor's degree, master's degree, specialty, modernization of the education system, professional activity, competence approach, educational activity.

Тема статьи актуальна в связи с инновационными процессами, происходящими в системе высшего образования как в России, так и в ведущих европейских государствах. В течение последних десятилетий в вузах РФ был проведен ряд реформ, целью которых, в частности, является необходимость модернизации и стандартизации образовательной системы в соответствии с общеевропейскими образцами. Инновационность реформ, направленных на модернизацию высшего образования, состоит, главным образом, в принятии и в активном внедрении в образовательную систему РФ основных решений Болонской конвенции (с учетом российских реалий действительности).

Рассмотрим подробнее специфические особенности российской и западноевропейской систем высшего образования на современном этапе.

Знаменателен тот факт, что в 2003 году Россия присоединилась к решениям Болонской конвенции, в итоге приобрела статус полноправного члена общеевропейского образовательного пространства. Странами-участницами Болонской конвенции был подготовлен пакет документов, в результате подписания которых все вузы Европы и России осуществили переход на двухуровневую систему образования (начиная с 2007 года в России). Рассматриваемая система включает в себя подготовку обучающихся в бакалавриате и в магистратуре с продолжительностью обучения четыре и два года соответственно.

Необходимо в связи с этим подчеркнуть, что во многих вузах Российской Федерации сохраняется традиционная форма обучения по программам специалитета продолжительностью пять лет.

Первый уровень – бакалавриат – включает два этапа изучения основ будущей профессии: на первом этапе в течение двух лет преподаются главным образом общетеоретические дисциплины (так называемые основы курса, базовые дисциплины), на втором этапе предполагается изучение большего количества профильных дисциплин. Программа бакалавриата ориентирована как на теоретическую, так и на практическую (профессиональную) подготовку студентов [1].

В программу магистратуры входят предметы, позволяющие углубить специализацию по одному из профессиональных направлений. Как известно, обучение в магистратуре нацелено на повышение уровня компетентности в области узкопрофильной теоретической подготовки (ориентируясь главным образом на научно-исследовательскую и творческую деятельность обучающихся).

Специалитет преимущественно включает изучение ряда дисциплин, объединяющих в себе основы профессиональной подготовки в бакалавриате и частично в магистратуре; таким образом, позволяет специалисту достичь высокого уровня квалификации в рамках выбранной специальности.

Как известно, в российской системе высшего образования функционируют в настоящее время государственные и негосударственные вузы. Соответственно, обучение в них осуществляется как на бюджетной, так и на коммерческой основе.

Под влиянием трансформаций, происходящих в системе российского высшего образования [2], в последние десятилетия наблюдаются, соответственно, социальные изменения, отражающие отношение большей части молодых людей к получению высшего образования.

Так, отмечаются следующие тенденции в отношении и в подходах современной молодежи к высшему образованию:

- 1) выпускники школ, нацеленные на получение высшего образования, делают акцент преимущественно на подготовке к вступительным испытаниям;
- 2) многие студенты в последние годы стремятся совмещать учебу с работой или с разными видами подработки;
- 3) высшее образование уже не рассматривается как неременный залог успешной трудовой деятельности (соответственно, построения профессиональной карьеры).

Рассмотрим особенности получения высшего образования в Западной Европе. Высшее образование в западноевропейских странах на протяжении нескольких десятилетий является преимущественно двухуровневым; практически все государства современной Европы приняли и подписали Болонскую конвенцию.

Первый уровень обучения – *undergraduate* – соответствует статусу бакалавра, следующий уровень – *graduate* – статусу магистранта. В разных странах продолжительность обучения варьируется следующим образом: обучение в бакалавриате длится от двух до четырех лет в зависимости от профиля подготовки, обучение в магистратуре соответственно – один-два года.

В большинстве стран Евросоюза обучение в высших учебных заведениях независимо от профиля вуза и от конкретной специализации осуществляется на коммерческой основе. При этом стоимость образовательных услуг, как показывает международная статистика, с каждым годом неуклонно растет.

В связи с высокой стоимостью обучения в вузах правительство практически каждого западноевропейского государства предоставляет учащимся льготные кредиты без процентов, а также различного рода скидки.

Компенсировать финансовые затраты на обучение в вузе помогает студенческая стипендия, но выплачивается она при наличии определенных условий, а именно:

- 1) хорошие результаты в учебе;
- 2) активность, проявляемая студентами в процессе научно-исследовательской работы под руководством ведущих ученых вуза;
- 3) активное участие в работе научно-практических конференций и форумов.

Совмещение учебной и профессиональной деятельности возможно. Однако, следует подчеркнуть, что трудовая деятельность студентов во многих странах имеет некоторые ограничения, она может включать не более двадцати рабочих часов в неделю, в некоторых случаях – и до десяти часов в неделю.

Необходимо обратить внимание на специфическую особенность: в западноевропейских вузах, как правило, нет жестко фиксированных сроков сдачи долгов по дисциплинам. Студенты могут использовать дополнительный семестр для перерыва в учебе с целью временного трудоустройства или для сдачи зачетов и экзаменов. Таким образом, учебная деятельность в вузе может растягиваться на шесть-десять лет.

Что касается основных принципов подготовки специалистов в зарубежных вузах, то следует обратить внимание на одну особенность, а именно: руководящий состав многих вузов основное внимание уделяет именно профильной подготовке студентов. Практически все изучаемые дисциплины направлены на практическую подготовку студентов по будущей специальности.

Помимо этого, наблюдается некоторая либерализация в обучении студентов во многих западноевропейских вузах. На это указывает следующий факт: руководство вуза предоставляет возможность студентам составлять график учебного процесса самостоятельно. Педагоги-практики готовят студентов к самостоятельной жизни с первых курсов: в первую очередь, это стажировки в различных компаниях и фирмах, поощряется совмещение профессиональной и учебной деятельности в течение всего периода обучения.

В последние десятилетия на общеевропейском образовательном пространстве, включая вузы Западной Европы и РФ, появилась общая тенденция: студенты стремятся совершенствовать профессиональные навыки и умения, получать новые знания (так называемое дополнительное профессиональное образование), так как в ведущих странах мира ценятся так называемые *soft skills* – «гибкие навыки». Иначе говоря, это универсальные знания, умения, навыки, важные для каждого специалиста, настроенного на карьерный рост, на достижение профессиональных успехов и на повышение социальной значимости своей деятельности [3].

В состав *soft skills* входят следующие гибкие навыки:

- 1) умение решать не только профильные, но и надпрофильные задачи;
- 2) умение критически мыслить в процессе решения разнообразных профессиональных задач;
- 3) способность управлять различными проектами (в процессе управления принимать порой нестандартные решения);
- 4) развитие коммуникативных способностей;
- 5) формирование креативного подхода к профессиональной деятельности с использованием фоновых знаний [4].

Перечисленные выше *soft skills* способны выступать в качестве эффективного дополнения по отношению к *hard skills* – так называемым «жестким навыкам». Как известно, *hard skills* представляют собой основной пакет профессиональных знаний, умений, навыков, приобретенных в процессе обучения выпускниками европейских вузов.

Таким образом, можно сделать вывод, что российская и зарубежная системы высшего образования несмотря на общую структуру, форму обучения имеют множество различий в плане жесткости дисциплины, доступности получения высшего образования, стоимости обучения, получения материальной поддержки в форме различного рода стипендий и грантов.

Помимо этого следует отметить, что в российских вузах в процессе всего периода обучения делается акцент прежде всего на получение студентами фундаментальных теоретических знаний.

По результатам сессии учащимся бюджетной формы обучения выплачивается стипендия. В последние годы при поддержке министерства высшего образования РФ получили распространение научные гранты, надбавки к основной стипендии за разнообразные виды деятельности, а именно: за индивидуальные достижения в научно-исследовательской работе, за активное участие в актуальных проектах вуза, за волонтерскую и профсоюзную деятельность.

Проведя сравнительный анализ функционирования двух систем высшего образования на современном этапе развития общества, обобщенно можно сделать вывод, что у каждой из рассмотренных образовательных систем есть ряд общих черт, а также некоторые специфические особенности.

Определяющим фактором функционирования западноевропейской и российской систем высшего образования является то, что они отражают два самостоятельных подхода к современной подготовке дипломированных специалистов. Отмечено, что зарубежный подход – преимущественно практический, с большой долей самостоятельности в процессе приобретения знаний студентами и вариативности в способах получения высшего образования.

В связи с вышеизложенным следует подчеркнуть, что российский подход традиционно остается фундаментальным, нацеленным главным образом на обучение студентов профессиональным умениям и навыкам с упором на научно-теоретический аспект приобретаемых знаний [5, 6].

Объединяющим фактором для обеих систем высшего образования является широко внедряемый в последнее десятилетие во всех технологически передовых государствах компетентностный подход к обучению будущих специалистов [7, 8].

В заключение следует отметить, что, независимо от сформированных приоритетов в той или иной системе высшего образования, в современных условиях развития общества успехи учащихся, получающих профессиональное образование в любом государстве, во многом определяются мотивационной составляющей и осознанным стремлением будущих специалистов к получению профессиональных знаний, умений, навыков.

Литература

1. Бугаец И.А. Ясно видеть перспективу / И.А. Бугаец // Аккредитация в образовании. – Йошкар-Ола, 2010. – № 1(36). – С. 73–75.
2. Власенко А.В. Опыт реализации дистанционных образовательных технологий при обучении студентов по направлению подготовки «Технология транспортных процессов» / А.В. Власенко, Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян // Интеллектуальные технологии на транспорте. – СПб., 2017. – № 1(9). – С. 52–54.
3. Данович Л.М. Отечественный и зарубежный опыт развития систем профориентации населения / Л.М. Данович // Профнавигация молодежи. Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 533–538.
4. Беликова Н.Ю. Учебно-деловая игра как образовательная технология в высшей школе / Н.Ю. Беликова // Инновационные процессы в высшей школе: Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар, 10–14 сентября 2013 г. Кубанский государственный технологический университет. – С. 198–199.
5. Дворная З.Л. Формирование творческой активности студентов технических вузов в процессе научно-познавательной деятельности / З.Л. Дворная, З.М. Дворная // Актуальные вопросы филологических исследований. Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения Н.А. Некрасова. – Краснодар, 15 марта 2021 г. – С. 179–183.
6. Дворная З.М. Активизация научно-познавательной деятельности студентов в вузах технического профиля (в аспекте преподавания дисциплины «Русский язык и культура речи») / З.М. Дворная, З.Л. Дворная // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – № 3. – С. 397–399.
7. Дворная З.М. Особенности компетентностного подхода к профессиональной деятельности преподавателя технического вуза / З.М. Дворная, З.Л. Дворная // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – № 2. – С. 239–242.
8. Двадненко М.В. Документирование процесса разработки политики и целей в области качества / М.В. Двадненко, В.А. Хрисониди, И.В. Двадненко // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 9. – С. 119–120.

Literature

1. Bugaets I.A. It is clear to see the perspective / I.A. Bugaets // Accreditation in education. – Yoshkar-Ola, 2010. – № 1(36). – P. 73–75.

2. Vlasenko A.V. Experience in the implementation of remote educational technologies in the training of students in the field of training «Technology of transport processes» / A.V. Vlasenko, T.V. Konovalova, S.L. Nadiryani // Intelligent technologies in transport. – SPb., 2017. – № 1(9). – P. 52–54.
3. Danovich L.M. Domestic and foreign experience in the development of career guidance systems for the population / L.M. Danovich // Professional navigation of youth. Collection of materials of the IV International Scientific and Practical Conference. – Krasnodar, 2021. – P. 533–538.
4. Belikova N.Y. Educational and business game as educational technology in higher school / N.Y. Belikova // Innovative processes in higher school: Materials of the XIX All-Russian Scientific and Practical Conference. – Krasnodar, September 10–14, 2013 Kuban State Technological University. – P. 198–199.
5. Dvornaya Z.L. Formation of creative activity of students of technical universities in the process of scientific and cognitive activity / Z.L. Dvornaya, Z.M. Dvornaya // Topical issues of philological research. A collection of articles on the materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 200th anniversary of the birth of N.A. Nekrasov. – Krasnodar, March 15, 2021 – P. 179–183.
6. Dvornaya Z.M. Activation of scientific and cognitive activity of students in technical universities (in the aspect of teaching the discipline «Russian Language and Speech Culture») / Z.M. Dvornaya, Z.L. Dvornaya // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – № 3. – P. 397–399.
7. Dvornaya Z.M. Features of a competent approach to the professional activities of a teacher of a technical university / Z.M. Dvornaya, Z.L. Dvornaya // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – Krasnodar : Publishing House – South, 2021. – № 2. – P. 239–242.
8. Dvyannenkov M.V. Documentation of the process of developing policies and goals in the field of quality / M.V. Dvyannenkov, V.A. Chrysonidi, I.V. Dvyannenkov // International Journal of Experimental Education. – 2015. – № 9. – P. 119–120.

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 2021 г.

№ журнала	Прием статей до:	Выход журнала:
1	31 марта	14 апреля
2	30 июня	14 июля
3	29 сентября	13 октября
4	22 декабря	29 декабря



Общероссийская общественная организация
«Российская инженерная академия»

All-russian public organization
«Russian Engineering Academy»

НАУЧНЫЙ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ЖУРНАЛ

НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ
(политехнический вестник)

2021, № 3

SCIENTIFIC MULTIDISCIPLINARY MAGAZINE

SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY
(polytechnical bulletin)

2021, № 3

www.id-yug.com

Редактор – А.С. Семенов

Editor – A.S. Semenov

Оригинал-макет – М.Б. Жаренко

Dummy – M.B. Zharenko

Дизайн обложки – М.Б. Жаренко

Design of a cover – M.B. Zharenko

Сдано в набор 10.10.2021.
Подписано в печать 15.10.2021.
Формат 60 x 84¹/₈.
Бумага офсетная.
Печать riso.
Уч.-изд. л. 9,8.
Тираж 500 экз.

It is handed over in a set 10.10.2021.
It is sent for the press 15.10.2021.
Format 60 x 84¹/₈.
Offset paper.
Riso press.
Ed.-prod. l. 9,8.
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 № 2308

Order № 2308

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