

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

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

№ 2

2018

НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ

(политехнический вестник)

2018, № 2

**(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)

2018, № 2

**(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 Инженерной академии РФ, доктор технических наук, профессор, Почетный работник высшего образования РФ, Заслуженный машиностроитель Кубани, Заслуженный деятель науки Республики Адыгея, заместитель председателя методической комиссии Министерства образования и науки РФ по деталям машин, основам конструирования, технической и прикладной механике, член учебно-методического объединения по подъемно-транспортным машинам и оборудованию в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, член экспертно-консультативного совета по вопросам промышленности, строительства и жилищно-коммунального хозяйства, председатель комиссии по промышленности Законодательного Собрания Краснодарского края, действительный член Российской Академии продовольственной безопасности, главный редактор журнала «Наука. Техника. Технологии» (политехнический вестник), член ООО «Союз машиностроителей России».

BEREZHNOY Sergey Borisovich,

The academician of Engineering academy of the Russian Federation, the Doctor of Engineering, professor, the Honorary worker of the higher education of the Russian Federation, the Honored mechanic of Kuban, the Honored worker of science of the Republic of Adygea, the vice-chairman of the methodical commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation on details of machines, to constructioning bases, technical and application-oriented mechanics, the member uchebno-methodical combining on podjemno-transport vehicles and the equipment in Bauman Moscow State Technical University, the member of the expert advisory board concerning the industry, construction and housing and communal services farms, the chairman of the commission on the industry of Legislative Assembly of Krasnodar Krai, the full member of the Russian Academy of food security, the editor-in-chief of log "Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin), member of LLC Russian Engineering Union.

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

КАСЬЯНОВ Геннадий Иванович,

Заслуженный деятель науки РФ, заслуженный изобретатель РФ, заслуженный деятель науки Кубани, академик Российской инженерной академии, академик Российской академии продовольственной безопасности, профессор кафедры технологии продуктов питания животного происхождения (КубГТУ).

KASYANOV Gennady Ivanovich,

Honored worker of science of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, honored worker of science of Kuban, academician of the Russian engineering academy, academician of the Russian academy of food security, professor of chair of technology of food of an animal origin (KubSTU).

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,

действительный член Российской академии естественных наук, доктор технических наук, профессор, директор института нефти, газа и энергетики ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ), заведующий кафедрой нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна КубГТУ.

ANTONIADI Dmitry Georgiyevich,

Full member of the Russian academy of natural sciences, Doctor of Engineering, Professor, Director of institute of oil, gas and power of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU), Head of the department of oil and gas business of a name professor G.T. Vartumyan (KubSTU).

АТРОЩЕНКО Валерий Александрович,

член-корреспондент Российской академии естествознания, доктор технических наук, профессор, декан факультета компьютерных технологий и автоматизированных систем, заведующий кафедрой информатики и вычислительных систем ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

ATROSHCHENKO Valery Aleksandrovich,

Corresponding member of the Russian academy of natural sciences, Doctor of Engineering, Professor, Dean of faculty of computer technologies and the automated systems, Head of the department of informatics and computing systems of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

БАБУШКИН Виктор Михайлович,

член-корреспондент академии аграрного образования, член-корреспондент Международной академии аграрного образования, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры кадастра и мониторинга земель ФГБОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (НГМА).

BABUSHKIN Victor Mikhaylovich,

Corresponding member of academy of agrarian education, Corresponding member of the International academy of agrarian education, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of chair of the inventory and monitoring of lands of federal public budgetary educational institution of higher education «Novocherkassk state meliorative academy» (NSMA).

БЛЕДНОВА Жесфина Михайловна,

Федеральный эксперт научно технической сферы, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой динамики и прочности машин ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

BLEDNOVA Zhesfina Mikhaelovna,

Federal expert of scientifically technical sphere, Doctor of Engineering, Professor, Head of the department of dynamics and durability of cars of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

ГЛАДИЛИН Александр Васильевич,

член-корреспондент Российской академии естественных наук, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и технологии управления Института экономики и управления ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет» (СКФУ).

GLADILIN Alexander Vasilyevich,

Corresponding member of the Russian academy of natural sciences, Doctor of Economics, Professor, Professor of department of economy and technology of management of Institute of economy and management of federal public autonomous educational institution of higher education «North Caucasian federal university» (NCFU).

ДОМБРОВСКИЙ Александр Николаевич,

академик Российской академии транспорта, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры организации перевозок и дорожного движения ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ), вице-президент банка «Акрополь».

DOMBROVSKY Alexander Nikolaevich,

Academician of the Russian academy of transport, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of chair of the organization of transportations and traffic of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU), Vice-president of Akropol bank.

КАЗЕЕВ Камил Шагидуллович,

кандидат биологических наук, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экологии и природопользования факультета биологических наук ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет» (ЮФУ).

KAZEEV Kamil Shagidulovich,

Candidate of Biology, Doctor of geographical sciences, Professor, Professor of department of ecology and environmental management of faculty of biological sciences of federal public autonomous educational institution of higher education «Southern federal university» (SFU).

КОЛЕСНИКОВ Сергей Ильич,

кандидат географических наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования факультета биологических наук ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет» (ЮФУ).

KOLESNIKOV Sergey Ilyich,

Candidate of geographical sciences, Doctor of agricultural sciences, Professor, Head of the department of ecology and environmental management of faculty of biological sciences of federal public autonomous educational institution of higher education «Southern federal university» (SFU).

КОРЕНА Елена Павловна,

член-корреспондент Международной академии высшей школы, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной и инновационной деятельности государственного научного учреждения «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Российской академии сельскохозяйственных наук» (ГНУ КНИИХП Россельхозакадемии).

KORNENA Elena Pavlovna,

Corresponding member of the International academy of the higher school, Doctor of Engineering, Professor, Deputy director for scientific and innovative activity of the public scientific institution «Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Production of the Russian Academy of Agricultural Sciences» (PSI KRISP Rosselkhozakademii).

МОСКВИЧ Вадим Константинович,

Кандидат технических наук, профессор кафедры транспортных сооружений ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ), декан факультета автомобильно-дорожных и кадастровых систем ФГБОУ ВПО КубГТУ.

MOSKVICH Vadim Konstantinovich,

Candidate of Technical Sciences, Professor of chair of transport constructions of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU), Dean of faculty of automobile and road and cadastral systems.

ПОЛИДИ Александр Анатольевич,

член международного альянса бизнес-консультантов Восточной Европы, бизнес-тренер Академии менеджмента Нижней Саксонии, доктор экономических наук, профессор, заслуженный экономист Кубани, профессор кафедры экономики и финансового менеджмента ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

POLIDI Alexander Anatolyevich,

Member of the International Alliance of Business Consultants of Eastern Europe, Business coach of Academy of management of Lower Saxony, Doctor of Economics, Professor, Honored economist of Kuban, Professor of department of economy and financial management of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

САВЕНОК Ольга Вадимовна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Нефтегазового дела имени профессора Г.Т. Вартумяна ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Лауреат премии администрации Краснодарского края в области образования за 2015 год.

SAVENOK Olga Vadimovna

Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor of department of Oil and gas business of a name of professor G.T. Vartumyan FGBOU VO «Kuban state technological university», Winner of an award of administration of Krasnodar Krai in the field of education for 2015.

СИМАНКОВ Владимир Сергеевич,

действительный член Международной академии наук прикладной радиоэлектроники, член Южной секции содействия развитию экономической науки отделения экономики РАН, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ), научный руководитель НТЦ РАН.

SIMANKOV Vladimir Sergeyeovich,

Full Member of the International academy of Sciences of applied radio electronics, Member of the Southern section of assistance to development of economic science of office of economy of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering, Professor of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU), Research Supervisor of scientific and technological center of the Russian Academy of Sciences (STC RAS).

СМЕЛЯГИН Анатолий Игоревич,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

SMELYAGIN Anatoly Igorevich,

Doctor of Engineering, Professor, Head of the department of theoretical mechanics of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

СТРЕЛЬНИКОВ Виктор Владимирович,

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» (КубГАУ), координатор международной экологической программы ТЕМПУС – STREAM по теме «Совершенствование системы экологического образования с элементами ОВОС и экологического менеджмента в России».

STRELNIKOV Victor Vladimirovich,

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the department of applied ecology of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state agricultural university» (KubSAU), the coordinator of the international ecological program TEMPUS – STREAM on the subject «Improvement of System of Ecological Education with the AIE Elements and Ecological Management in Russia».

ТРУФЛЯК Евгений Владимирович,

доктор технических наук, профессор кафедры процессов и машин в агробизнесе ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет» (КубГАУ), начальник управления науки и инноваций КубГАУ.

TRUFLYAK Evgeny Vladimirovich,

Doctor of Engineering, Professor of chair of processes and cars in agrobusiness of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state agricultural university» (KubSAU), Head of department of science and innovations of KubSAU.

ТУЛЕШОВ Амандык Куатович,

академик Национальной инженерной академии Республики Казахстан, академик Проектной академии «KAZGOR», член-корреспондент Академии наук высшей школы Казахстана, действительный член Международной инженерной академии, доктор технических наук, профессор, заместитель председателя комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

TULESHOV Amandyk Kuvatovich,

Academician of National engineering academy of the Republic of Kazakhstan, Academician of Design academy «KAZGOR», Corresponding Member of Academy of Sciences of the higher school of Kazakhstan, Full Member of the International engineering academy, Doctor of Engineering, Professor, Vice-chairman of 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 ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет» (КубГУ).

URTENOV Makhamet Ali Huseevich,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the department of applied mathematics of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state university» (KubSU).

УСАТИКОВ Сергей Васильевич,

доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры общей математики ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

USATIKOV Sergey Vasilyevich,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of department of the general mathematics of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

ЧЕРНЫХ Анатолий Иосифович,

кандидат технических наук, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры философии ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

CHERNYKH Anatoly Iosifovich,

Candidate of Technical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of department of philosophy of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

ЧЕШЕВ Анатолий Степанович,

академик Российской академии естественных наук, академик Академии аграрного образования, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики природопользования и кадастра ФГБОУ ВПО Ростовский Государственный строительный университет (РГСУ).

CHESHEV Anatoly Stepanovich,

Academician of the Russian academy of natural sciences, Academician of Academy of agrarian education, Doctor of Economics, Professor, Head of the department of economy of environmental management and inventory of federal public budgetary educational institution of higher education «Rostov state construction university» (RSCU).

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 (ИПиПП) (КубГТУ).

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 Institute of food and processing industry (IFPI) (KubSTU).

ШАЗЗО Рамазан Измаилович,

академик Международной академии холода, член-корреспондент Российской академии сельскохозяйственных наук, доктор технических наук, профессор.

SHAZZO Ramazan Izmailovich,

Academician of the International academy of cold, Corresponding Member of the Russian academy of agricultural sciences, Doctor of Engineering, Professor.

ШАПОШНИКОВА Татьяна Леонидовна,

кандидат физико-математических наук, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой физики ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

SHAPOSHNIKOVA Tatyana Leonidovna,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the department of physics of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

ЯСЬЯН Юрий Павлович,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии нефти и газа ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет» (КубГТУ).

YASYAN Yury Pavlovich,

Doctor of Engineering, Professor, Head of the department of technology of oil and gas of federal public budgetary educational institution of higher education «Kuban state technological university» (KubSTU).

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

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ОТРАСЛЕВЫЕ НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ..... BRANCH SCIENTIFIC AND APPLIED RESEARCHES

Физико-математические науки Physical and mathematical sciences

Смелягин А.И.

Динамика механических систем со многими степенями свободы 23

Smelyagin A.I.

Dynamics of mechanical systems with many degrees of freedom

Химико-биологические науки Chemical and biological sciences

Юсубов Ф.В. оглы

Математическая модель
процесса адсорбционной очистки жидких парафинов
в условиях нестационарности его протекания 33

Yusubov F.V. oglu

Mathematical model
of the process of adsorption purification of liquid paraffins
under nonstationary flow conditions

Науки о земле Sciences about the earth

Березовский Д.А., Кусов Г.В., Котельников А.С.

Особенности проведения
методов интенсификации добычи нефти
на Южно-Султангуловском месторождении 36

Berezovskiy D.A., Kusov G.V., Kotel'nikov A.S.

Peculiarities of conducting methods of intensification
of oil production on the Yuzhno-Sultangulovskoye field

Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В.

Мероприятия по борьбе
с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями
в добывающих скважинах, оборудованных
штанговыми скважинными насосными установками,
на Степановском месторождении 53

Berezovskiy D.A., Kusov G.V., Savenok O.V.

Measures for the suppression
of asphalt-resin-paraffin deposits
in production wells, equipped with
sucker-rod pumping units on the Stepanovskoye field

Климов В.В. Новые технические средства, технологии и методология геолого-геофизического контроля технического состояния крепи нефтегазовых скважин	74
Klimov V.V. The new technical means, technologies and methodology of geologic-geophysical control of technical condition of a timbering of oil and gas wells	
Нвизуг-Би Лейи Ключерт Обзор современных представлений и анализ эффективности механизма вытеснения нефти из пористой среды с применением ПАВ	94
Nwizug-bee Leyii Kluivert Review of modern representations and analysis of the efficiency of the oil displacement mechanism from porous media with application of Surface-Active Substances	
Поварова Л.В. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений	112
Povarova L.V. Environmental risks related to operation of oil fields	
Савенок О.В., Березовский Д.А., Кусов Г.В., Мусафири Норманн Оценка перспективности бурения боковых горизонтальных стволов и совершенствования системы разработки на Турнейском объекте Черновского месторождения	123
Savenok O.V., Berezovskiy D.A., Kusov G.V., Musafiri Norman Estimation of the perspectiveness of drilling of side horizontal steels and improvement of the development system at the Turney object of the Chernovskoye field	
Савенок О.В., Иолчуев А.М. Увеличение КИН методом ГРП для довыработки запасов на Северо-Нефтяном месторождении	142
Savenok O.V., Iolchuev A.M. The increase in the oil recovery factor by the hydraulic fracturing method for additional development of reserves on the Severo-Neftyanoye field	
Сопнев Т.В., Бекетов С.Б. Уточнение эксплуатационной характеристики Сеноманской газовой залежи по результатам газодинамических исследований скважин Южно-Русского месторождения	160
Sopnev T.V., Beketov S.B. Update of operational characteristics of the Senoman gas deposit by results of gazodynamic research of wells of the Yuzhno-Russkoye field	
Чуйкин Е.П. Методы воздействия на призабойную зону пласта для интенсификации добычи нефти на Приобском месторождении	175
Chuikin Y.P. Methods of impact on the bottomhole formation zone for intensification of oil production on the Priobskoye oil field	

Машиностроение
Mechanical engineering

- Пережогин Л.А., Коханий А.Ф., Терехов В.В., Божко С.В.**
Начальные механизмы с внутренним входом 192
Perechegin L.A., Kochanij A.F., Terekhov V.V., Bozhko S.V.
The initial mechanisms with internal access

Материаловедение и нанотехнологии
Materials science and nanotechnologies

- Юсубов Ф.Ф.**
Изучение термомеханических свойств трения пар металл-полимер 197
Yusubov F.F.
Study of thermomechanical properties of metal-polymer friction pairs

Строительство. Транспорт
Construction. Transport

- Богоявленская О.И., Коновалова Т.В., Надирян С.Л.**
Исследование маршрутизации транспортных средств
с ограничениями на перевозку грузов 202
Bogoyavlenskaya O.I., Konovalova T.V., Nadiryay S.L.
Study of routing of vehicles with restrictions on the transportation of goods

- Будагов И.В., Серебрякова В.О.**
Пути устранения ошибок допущенных при формировании технических планов 206
Budagov I.V., Serebryakova V.O.
Ways to eliminate mistakes made in the formation of technical plans

- Грибкова Л.А., Федотов А.П., Митринюк Д.В., Татевосян А.А., Даниэль К.М.**
История развития геодезических приборов
в условии автоматизации производства геодезических работ 209
Gribkova L.A., Fedotov A.P., Mitrynyuk D.V., Tatevosyan A.A., Daniel C.M.
History of the development of geodetic instruments
in the condition of automation of geodetic works

- Гура Д.А., Горкина И.Э.**
Современное программное обеспечение
для обработки геодезических измерений 214
Gura D.A., Gorkina I.E.
Modern software for processing geodetic measurements

- Денисова А.С., Коновалова Т.В., Надирян С.Л.**
Модели транспортного обслуживания производственных предприятий 218
Denisova A.S., Konovalova T.V., Nadiryay S.L.
Models of transport service of industrial enterprises

Денисова А.С., Коновалова Т.В., Надирян С.Л. Организационная система учета показателей работы транспорта на производственных предприятиях	223
Denisova A.S., Konovalova T.V., Nadiryayn S.L. The organizational scorecard of transport at industrial enterprises	
Изюмский А.А., Коток В.С., Мотренко Я.А. Проблемы обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации	227
Izyumsky A.A., Kotok V.S., Motrenko Y.A. Problems of securing road traffic safety in the Russian Federation	
Калинин В.А., Грибкова Л.А. Изучение тахеометра: от простого к сложному	231
Kalinin V.A., Gribkova L.A. Studying of the tacheometer: from simple to difficult	
Кравченко Э.В., Серебрякова В.О. Анализ технических планов на предмет соответствия формы и содержания требованиям законодательства	235
Kravchenko E.V., Serebryakova V.O. Analysis of technical plans for compliance with the form and content of the requirements of the legislation	
Крамаренко А.В., Власов С.А. Модификация керамзитобетона, при помощи поливинилхлорида	238
Kramarenko A.V., Vlasov S.A. Modification of a keramzitobeton, by means of polyvinylchloride	
Крамаренко А.В., Прокофьева Ю.А. Влияние низкомолекулярного полиэтилена на свойства конструкционного керамзитобетона	241
Kramarenko A.V., Prokofieva J.A. Influence of low-molecular polyethylene on the properties of construction exclay concrete	
Крамаренко А.В., Прокофьева Ю.А. Консалтинговые исследования химических добавок, используемых при получении монолитных цементно-песчаных штукатурок	244
Kramarenko A.V., Prokofieva J.A. Consulting studies of chemical additives used on receiving monolithic cement-sanding plasters	
Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с применением железосодержащих шламов	247
Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with application of iron-containing sludges	
Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Производство высокопрочных легких бетонов с применением золошлаковых отходов	250
Kramarenko A.V., Putilova M.N. Manufacture of high-strength light-up concrete concrete with use of sulfur-waste wastes	

Крамаренко А.В., Шафеев Р.Р. Сравнительный анализ стеновых конструкций	254
Kramarenko A.V., Shafeev R.R. Savnitelny analysis of wall kontsruktion	
Крамаренко А.В., Шафеев Р.Р. Нанотехнологии в строительном производстве	258
Kramarenko A.V., Shafeev R.R. Nanotechnologies in construction production	
Крамаренко А.В., Шафеев Р.Р. Применение нанобетона в строительстве	261
Kramarenko A.V., Shafeev R.R. Use of nanoconcrete in construction	
Мамиргова З.И., Петренков Д.В. Применение наземного лазерного сканирования при создании архитектурных чертежей фасадов здания	265
Mamirgova Z.I., Petrenkov D.V. Application of land laser scanning during creation of architectural drawings of facades of the building	
Петренков Д.В., Баштовой Л.А., Шаззо А.А., Тараскова Е.А., Бритиков В.А. Применение электронных тахеометров для производства тахеометрической съемки	269
Petrenkov D.V., Bashtovoi L.A., Shazzo A.A., Taraskova E.A., Britikov V.A. The use of electronic total stations for the production of tacheometric survey	
Петренков Д.В., Волкодав П.Д. Анализ современных методов создания топографических планов застроенных территорий	273
Petrenkov D.V., Volkodav P.D. Analysis of modern methods of creation of topographic plans of the constructed territories	
Петренков Д.В., Климова П.О. Электронные теодолиты и тахеометры	276
Petrenkov D.V., Klimova P.O. Electronic theodolites and total stations	
Петренков Д.В., Лопатченко А.Н. Электронные тахеометры: общие сведения, виды и принцип работы	280
Petrenkov D.V., Lopatchenko A.N. Electronic tacheometers: general information, types and principles of operation	
Петренков Д.В., Уткина О.А. Применение в инженерно-геодезических изысканиях трассоискателей и георадаров	284
Petrenkov D.V., Utkina O.A. Application in engineering and geodetic surveys of locators and georadars	

Петренко Д.В., Фомина Д.А., Головки А.К., Агапов М.Е., Филимонов В.Г., Сонов А.А. Спутниковые навигационные системы	289
Petrenkov D.V., Fominova D.A., Golovko A.K., Agapov M.E., Filimonov V.G., Sonov A.A. Satellite navigation systems	
Петренко Д.В., Хот К.А. Особенности съемки лазерным сканером	294
Petrenkov D.V., Khot K.A. Features shooting laser scanner	
Романова Т.А., Гасанов А.О. Технология Trimble SX10, как этап развития лазерного сканирования	304
Romanova T.A., Gasanov A.O. Trimble SX10 technology as a stage of development of laser scanning	
Романова Т.А., Гасанов А.О. Сканер Leica LAS, как универсальный инструмент для трехмерного моделирования	307
Romanova T.A., Gasanov A.O. Scanner Leica LAS, as a universal tool for three-dimensional modeling	
Романова Т.А., Ястребчикова М.С. Исполнительная съемка линейных сооружений на примере водопровода	310
Romanova T.A., Yastrebchikova M.S. Executive survey of linear structures on the example of water supply	

Экономика и управление по отраслям Economy and management on branches

Романова М.Л., Савченко В.Г., Мишков Д.А., Кононенко Д.И., Бевз Е.А., Березина А.И. Условия реализации SCRUM-методологии управления проектами	315
Romanova M.L., Savchenko V.G., Mishkov D.A., Kononenko D.I., Bevz E.A., Berezina A.I. Conditions of implementation of projects management SCRUM methodology	
Романова М.Л., Савченко В.Г., Мишков Д.А., Кононенко Д.И., Бевз Е.А., Березина А.И. Современные методы диагностики взаимодействия коллективов	319
Romanova M.L., Savchenko V.G., Mishkov D.A., Kononenko D.I., Bevz E.A., Berezina A.I. Modern assessment method of teams interaction	

Право Law

Медведев В.И. ОПК и система военного образования: неотъемлемая часть военной организации государства	323
---	-----

Medvedev V.I.

Defense and military education system:
an integral part of the military organization of the state

**ИННОВАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
В ОБРАЗОВАНИИ.....**

**INNOVATIVE
TECHNOLOGIES
IN EDUCATION**

**Романова М.Л., Савченко В.Г., Мишков Д.А., Кононенко Д.И.,
Бевз Е.А., Березина А.И.**

Современные методы диагностики критического мышления обучающихся 329

**Romanova M.L., Savchenko V.G., Mishkov D.A., Kononenko D.I.,
Bevz E.A., Berezina A.I.**

Modern assessment method of beings critical thinking

**ОТРАСЛЕВЫЕ НАУЧНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**



**BRANCH SCIENTIFIC
AND APPLIED
RESEARCHES**

УДК 531.8

ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СО МНОГИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

DYNAMICS OF MECHANICAL SYSTEMS WITH MANY DEGREES OF FREEDOM

Смелягин Анатолий Игоревич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретической механики,
Кубанский государственный
технологический университет
asmelyagin@yandex.ru

Smelyagin Anatoli Igorevich

Doctor of technical Sciences,
Professor, Head of Department
of theoretical mechanics,
Kuban state technological university
asmelyagin@yandex.ru

Аннотация. Известно, что теорема об изменении кинетической энергии была выведена из второго закона Ньютона для материальной точки и системы материальных точек без учета их фактической подвижности. Поэтому на практике она применялась только тел и механических систем с одной степенью свободы. Показано, что теорема об изменении кинетической энергии может эффективно применяться как для исследования материальных тел, так и механических систем со многими степенями свободы. Так с помощью ранее выведенной теоремы исследована реальная механическая система с тремя степенями свободы. Это делает теорему об изменении кинетической энергии универсальной, эффективной и значительно расширяет области её применения.

Annotation. It is known that the change of kinetic energy theorem was derived from Newton's second law for a material point and system of material points without taking into account their actual mobility. Therefore, in practice it has been applied only bodies and mechanical systems with one degree of freedom. It is shown that the theorem of change of kinetic energy can be effectively used for the study of bodies and mechanical systems with many degrees of freedom. So with the previously derived theorems studied real mechanical system with three degrees of freedom. This makes the theorem of change of kinetic energy of the universal, efficient, and significantly expands the area of its application.

Ключевые слова: теорема, кинетическая энергия, степень свободы, тело, механическая система, работа, сила, момент, скорость, закон движения.

Keywords: theorem, the kinetic energy, the degree of freedom of the body, a mechanical system, work, force, speed, motion law.

Введение

Все механические системы какими бы они не были сложными состоят только из материальных тел (звеньев), которые, чтобы совершать требуемые движения, определенным образом взаимосвязаны между собой с помощью кинематических пар [1–3].

В настоящее время существует множество разных механических систем, которые имеют много степеней свободы. К таким системам относятся манипуляторы, роботы, обрабатывающие станки и грузоподъемные машины и другие аналогичные устройства. При разработке, создании и исследовании таких объектов обязательно проводится их динамический анализ. При динамическом анализе машин со многими степенями свободы используют либо уравнения Лагранжа II рода, либо законы Ньютона, или уравнения, полученные из этих законов [1–5].

Анализ оригинальных и современных формулировок аксиом или законов движения И. Ньютона в [1–13] показал, что они сформулированы только для абстрактных материальных объектов – материальной точки. Следовательно, законы Ньютона можно использовать только для исследования не существующих в природе объектов, а именно материальных точек. Применять законы Ньютона для анализа движения материальных тел, звеньев из которых состоят машины, роботы, манипуляторы некорректно.

Так в [5, 6] показано, что механика, как наука, строится на законах, аксиомах, принципах, теоремах и основных понятиях, таких как сила, пространство, время, масса. Фундамент современной классической механики построен на идеях и трудах Галилея, Ньютона и Эйлера. В [5, 6] отмечается:

- «По мере углубления наших знаний выявляются границы применимости теоретической механики, относительность ее понятий. Выяснилось, что аксиомы или законы классической механики Ньютона не абсолютны»;

- «это не закон (второй закон Ньютона), ибо нет определения силы»;
- законы Ньютона сформулированы для несуществующих в природе материальных точек;
- так называемые основные понятия механики (сила, пространство, время), «смысл которых читателю считается ясным», пока однозначно не определены.

Тем не менее, современная классическая механика, несмотря на то, что со времен Галилея, Ньютона и Эйлера она быстро развивалась, и при этом изменились многие понятия, определения, формулировки формулы, базируется на «законах», сформулированных в XV–XVII веках. Однако любая развивающаяся наука не может в своей основе иметь законы, представляющие собой «вечные» причем не корректные истины.

Основываясь на современных понятиях и знаниях в [11, 12, 22], сформулированы основные аксиомы механики, которые приведены ниже.

Аксиомы

1. Вселенная это все то, что существует – весь мир.
2. Вселенная одна, а, следовательно, она консервативна.
3. Вселенная дуальна, то есть все её объекты одновременно движутся и покоятся.
4. Вселенная разнообразна по составу.
5. Материя (вещество, тело, поле) – один из объектов Вселенной.
6. Материя - хранилище вещества и энергии.
7. Масса и энергия Вселенной постоянны.
8. Энергия объектов определяется их видом, составом, массой, состоянием, движением.
9. Все объекты Вселенной взаимодействуют между собой.
10. Взаимодействие материальных объектов равновелики и разнонаправлены.
11. Взаимодействие объектов приводит к изменению их энергии, состояния, движения и совершению работы.
12. Изменение энергии объектов равно совершённой работе.
13. В любое мгновение работа объектов Вселенной равна нулю.

Приведенные аксиомы относятся к любому состоянию и движению материи. Эти аксиомы объясняют и широкое применение принципа Даламбера; общего уравнения динамики и статики.

В [22] показано, что, хотя эти законы, аксиомы, принципы и теоремы считались независимыми, но на самом деле они являются следствиями.

В [4, 5] утверждается, что классическая механика строится на таких основных понятиях, как сила, пространство, время. Однако анализ аксиом природы показывает, что основными понятиями механики могут быть только энергия и работа. Именно эти величины определяют состояние и движение объекта природы, поэтому в работах [11–15, 22] сформулированы основные аксиомы и выведены теоремы, принципы и уравнения механики для реальных объектов природы.

В [9, 11, 21, 22] показано, что энергия и работа являются основными, первичными понятиями, определяющим движение и взаимодействие материальных объектов и доказана теорема об изменении кинетической энергии материального тела, которая утверждает, что изменение кинетической энергии тела при его перемещении равно работе сил и моментов сил, действующих на него на этом перемещении.

То есть:

$$T + T_0 = A, \quad (1)$$

где A – работа сил и моментов сил, действующих на тело, на исследуемом перемещении; T и T_0 – кинетическая энергия исследуемого объекта в конечном и начальном положении, соответственно.

Как следует из [4] теорема об изменении кинетической энергии всегда выводилась для материальной точки и для системы материальных точек без учета их фактической подвижности. Поэтому уравнение (1) фактически пригодно только для описания движения тел и механических систем, с одной степенью свободы.

В [21, 22] доказана теорема об изменении кинетической энергии для тел и механических систем с несколькими степенями свободы. Показано, что в общем случае для механической системы с несколькими степенями свободы теорема об изменении кинетической энергии имеет вид:

$$\begin{cases} T_{\Gamma xi} - T_{\Gamma 0 xi} = A_{\Gamma xi} \\ T_{\Gamma yi} - T_{\Gamma 0 yi} = A_{\Gamma yi} \\ T_{\Gamma zi} - T_{\Gamma 0 zi} = A_{\Gamma zi} \\ T_{B xi} - T_{B 0 xi} = A_{B xi} \\ T_{B yi} - T_{B 0 yi} = A_{B yi} \\ T_{B zi} - T_{B 0 zi} = A_{B zi} \end{cases}, \quad (2)$$

где $T_{\Gamma x}, T_{\Gamma 0x}, T_{\Gamma y}, T_{\Gamma 0y}, T_{\Gamma z}, T_{\Gamma 0z}, T_{Bx}, T_{B0x}, T_{By}, T_{B0y}, T_{Bz}, T_{B0z}$ – соответственно, кинетические энергии тела при его движении вдоль и вокруг соответствующих осей; $A_{\Gamma xi}, A_{\Gamma yi}, A_{\Gamma zi}, A_{B xi}, A_{B yi}, A_{B zi}$ – соответственно, работы сил и моментов сил, действующих на тела, на исследуемом перемещении; i – порядковый номер тела входящего в механическую систему.

Число уравнений входящих в (2) должно равняться числу обобщенных, координат.

Из (2) следует, что если механическая система имеет несколько степеней свободы, то изменения кинетической энергии тел, входящих в эту систему, вдоль и вокруг осей равно соответствующим работам.

Рассмотрим практическое применение выведенной теоремы при исследовании механических систем с несколькими степенями свободы.

Механическая система с тремя степенями свободы

Исследуем, например, движения тел механической системы приведенной на (рис.1).

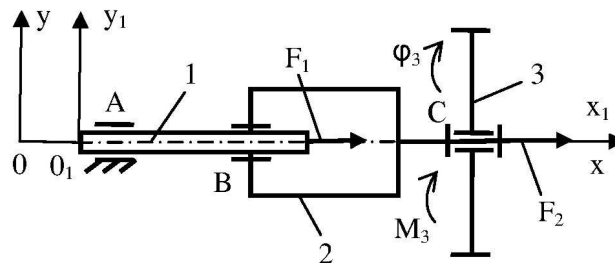


Рисунок 1 – Расчетная схема

Исследуемая механическая система (механизм) состоит из трех подвижных звеньев 1, 2, 3, которые взаимосвязаны между собой с помощью кинематических пар А, В, С. Пусть звенья имеют, соответственно, массы m_1, m_2 и m_3 . Звено 1 представляет собой прямоугольный стержень, который перемещается под действием силы F_1 вдоль кинематической пары А. Звено 2 образует с звеном 1 кинематическую поступательную пару В и выполнено таким образом, что оно под действием приложенной к нему силы F_2 перемещается вдоль звена 1. На звене 2, посредством кинематической пары С, закреплено колесо 3. Колесо 3 вращается на звене 2 под действием приложенного момента сил M_3 . При исследовании движения системы примем, что колесо представляет собой кольцо.

Для широты исследования примем что, соответственно, на звенья 1, 2, 3 действуют:

- сила $F_1 = \text{const}$;
- сила $F_2 = bt$,
- момент $M_3 = M - k\omega_3^2$,

где b и k – постоянные коэффициенты; M – движущий момент; $k\omega_3^2$ – момент сопротивления.

Движение механической системы исследуем при следующих начальных условиях, что в начальный момент времени $t = 0$:

- линейная V и угловая ω скорости, соответственно, равны $V_{1x} = 0$, $V_{2x} = 0$ и $\omega_3 = 0$;
- перемещения, x_1 , x_2 и φ_3 , равны, соответственно, $x_1 = 0$, $x_2 = 0$, $\varphi_3 = 0$.

Из расчетной схемы следует, что звенья 1 и 2 совершают поступательные движения вдоль осей x и x_1 , а колесо 3 вращается вокруг оси x_1 .

Движения всех звеньев системы являются независимыми.

Чтобы правильно составить уравнения динамики, найдём подвижность W (число степеней свободы) исследуемого механизма. Для определения подвижности исследуемого объекта воспользуемся структурной формулой для механизмов с незамкнутыми кинематическими цепями [1–3]:

$$W = \sum_{i=1}^{\Pi} ip_i, \quad (3)$$

где Π – подвижность пространства в котором существует исследуемый механизм; p_i – число кинематических пар i -той подвижности в механизме $i = 1, 2, \dots$ – целочисленный индекс.

Из расчётной схемы (1) видно, что исследуемый объект существует в одномерном ($M = 1$) двухподвижном ($\Pi = 2$) пространстве и имеет три ($p_1 = 3$) одноподвижные кинематические пары.

Подставив исходные данные в (3), получим: $W = p_1 = 3$.

Следовательно, исследуемая механическая система является трёхподвижной или имеет три степени свободы.

Для определения законов движения звеньев механической системы (рис. 1) уравнения (2) примут вид:

$$T_{\Gamma x1} - T_{\Gamma 0x1} = A_{\Gamma x1}; \quad (4)$$

$$T_{\Gamma x2} - T_{\Gamma 0x2} = A_{\Gamma x2}; \quad (5)$$

$$T_{Bx3} - T_{B0x3} = A_{Bx3}, \quad (6)$$

где $T_{\Gamma x1}$, $T_{\Gamma 0x1}$, $T_{\Gamma x2}$, $T_{\Gamma 0x2}$, T_{Bx3} , T_{B0x3} – соответственно, кинетические энергии тел 1, 2, 3 при их движении вдоль и вокруг соответствующих осей; $A_{\Gamma x1}$, $A_{\Gamma x2}$, A_{Bx3} – соответственно, работы сил и моментов сил, действующих на тела, на исследуемом перемещении.

Анализ уравнений (4–6) показывает, что это теоремы об изменении кинетической энергии, соответственно, тел (звеньев) 1, 2 и 3 при их независимом движении вдоль и вокруг осей x и x_1 .

При принятых начальных условиях, что при $t = 0$ скорости и положения звеньев равны нулю, то кинетическая энергия этих тел в начальный момент времени будет равна нулю, то есть:

$$T_{\Gamma 0x1} = 0; \quad (7)$$

$$T_{\Gamma 0x2} = 0; \quad (8)$$

$$T_{B0x3} = 0; \quad (9)$$

С учетом (7–9) уравнения (4–6) примут вид:

$$T_{\Gamma x1} = A_{\Gamma x1}; \quad (10)$$

$$T_{\Gamma x2} = A_{\Gamma x2}; \quad (11)$$

$$T_{Bx3} = A_{Bx3}; \quad (12)$$

Последовательно раскроем уравнения (10–12).

Кинетическая энергия тела 1 в исследуемый момент времени при его движении вдоль оси x определится:

$$T_{\Gamma x1} = \frac{m_{11} V_x^2}{2}, \quad (13)$$

где $m_{11} = m_1 + m_2 + m_3$ – масса всех тел исследуемой механической системы.

Работа силы F , действующей на тело 1 при его движении вдоль оси x , будет:

$$A_{\Gamma x1} = F_1 x. \quad (14)$$

Подставим (13) и (14) в (10). В результате получим:

$$\frac{m_{11} V_x^2}{2} = F_1 x. \quad (15)$$

Из (15) найдем скорость звена 1 при его движении вдоль оси x :

$$V_x = \sqrt{\frac{2F}{m_{11}}} x. \quad (16)$$

Для определения закона движения тела 1 вдоль оси x представим (16) в виде:

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{2F_1}{m_{11}}} x. \quad (17)$$

Разделив в (17) переменные и проинтегрировав полученное уравнение, после ряда преобразований найдем:

$$2\sqrt{x} = \sqrt{\frac{2F_1}{m_{11}}} t + C_1, \quad (18)$$

где C_1 – постоянная интегрирования.

Подставив в (18) начальные условия, определим C_1 :

$$C_1 = 0. \quad (19)$$

С учетом (19), из (18) найдем закон движения тела 1 вдоль оси x :

$$x = \frac{F_1}{2m_{11}} t^2. \quad (20)$$

Теперь выразим скорость звена 1 через время t , для чего подставим (20) в (16). После ряда преобразований получим:

$$V_x = \frac{F_1}{m_{11}} t. \quad (21)$$

Формулы (20) и (21), которые определяют скорость и закон движения звена 1 при его свободном перемещении вдоль оси x . Эти формулы полностью совпадают с выражениями, которые можно получить, применяя второй закон Ньютона для поступательного движения тела (материальной точки). Это свидетельствует о правильности применяемых для исследования движения уравнений.

Теперь рассмотрим движение второго звена вдоль оси x_1 . Для чего применим теорему об изменении кинетической энергии, которая в этом случае имеет вид (11).

Кинетическая энергия тела 2 в исследуемый момент времени при его движении вдоль оси x_1 определится:

$$T_{\Gamma x2} = \frac{m_{22} V_{x1}^2}{2}, \quad (22)$$

где $m_{22} = m_2 + m_3$ – масса тел находящихся на звене 2.

Работа силы F_2 , действующей на тело 1 при его движении вдоль оси x_1 , будет:

$$A_{\Gamma x2} = F_2 x_1. \quad (23)$$

Подставим (22) и (23) в (10) и, учитывая, что $F_2 = bt$, получим:

$$\frac{m_{22} V_{x1}^2}{2} = x_1 b t. \quad (24)$$

Из (24) найдем скорость звена 2 при его движении вдоль оси x_1 :

$$V_{x_1} = \sqrt{\frac{2b}{m_{22}}} tx_1. \quad (25)$$

Для определения закона движения тела 2 вдоль оси x_1 представим (25) в виде:

$$\frac{dx_1}{dt} = \sqrt{\frac{2b}{m_{22}}} tx_1. \quad (26)$$

Разделив в (26) переменные и проинтегрировав полученное уравнение, после ряда преобразований найдем:

$$\sqrt{x_1} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2b}{m_{22}}} \sqrt{t^3} + C_2, \quad (27)$$

где C_2 – постоянная интегрирования.

Подставив в (27) начальные условия и определим C_2 :

$$C_2 = 0. \quad (28)$$

С учетом (28), из (27) найдем закон движения тела 2 вдоль оси x_1 :

$$x_1 = \frac{2b}{9m_{22}} t^3. \quad (29)$$

Теперь выразим скорость звена 1 через время t , для чего подставим (29) в (25). После ряда преобразований получим:

$$V_{x_1} = \frac{2b}{3m_{22}} t^2. \quad (30)$$

Формулы (29) и (30) определяют перемещение и скорость второго звена при его свободном перемещении вдоль оси x_1 .

Так как звено 2 совершает сложное движение, то есть движется одновременно относительно двух систем координат, то найдем его абсолютное движение относительно координатной оси x .

В соответствии с теоремой о сложении скоростей [4] абсолютное перемещение и абсолютная скорость тела при сложном движении, соответственно, будут:

$$\overline{x_a} = \overline{x_e} + \overline{x_r}; \quad (31)$$

$$\overline{V_a} = \overline{V_e} + \overline{V_r}, \quad (32)$$

где x_a , x_e , x_r , V_a , V_e , V_r – соответственно, абсолютные, переносные и относительные перемещения и скорости тела.

С учетом (20), (21), (29), (30) и (31), (32) абсолютные кинематические параметры звена 2, соответственно, определяются:

$$x_{2a} = \frac{F_1}{2m_{11}} t^2 + \frac{2b}{9m_{22}} t^3; \quad (33)$$

$$V_{2a} = \frac{F_1}{m_{11}} t + \frac{2b}{3m_{22}} t^2, \quad (34)$$

где x_{2a} , V_{2a} – соответственно, абсолютные перемещение и скорость второго звена.

Исследуем движение колеса 3. Из расчетной схемы (рис.1) видно, что колесо 3, вращается вокруг оси x_1 . Тогда кинетическая энергия тела 3 в исследуемый момент времени при его вращении вокруг оси x_1 определится:

$$T_{Bx_3} = \frac{I_3 \omega_3^2}{2}, \quad (35)$$

где $I_3 = m_3 r_3^2$ – момент инерции колеса; ω_3 – угловая скорость колеса; r_3 – радиус колеса.

Работа момента силы M_2 действующей на тело 3 при его вращении вокруг оси x_1 будет:

$$A_{Bx_3} = M_3 \varphi_3. \quad (36)$$

Подставим (35) и (36) в (12) и, учитывая, что $I_3 = m_3 r_3^2$ и $M_3 = M - k\omega_3^2$, получим:

$$\frac{m_3 r_3^2 \omega_3^2}{2} = \varphi_3 (M - k\omega_3^2). \quad (37)$$

Преобразуем (37):

$$\omega_3^2 \left(1 + \frac{2k\varphi_3}{m_3 r_3^2} \right) = \frac{2M\varphi_3}{m_3 r_3^2}. \quad (38)$$

Из (38) найдем угловую скорость колеса 3 при его вращении вокруг оси x_1 :

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{\varphi_3}{\frac{k}{M}\varphi_3 + \frac{m_3 r_3^2}{2M}}}. \quad (39)$$

Приведем (39) к удобному виду, для чего введем обозначения:

$$A = \frac{m_3 r_3^2}{2M}; \quad (40)$$

$$B = \frac{k}{M}. \quad (41)$$

С учетом (40) и (41) угловая скорость (39) колеса 3 определится:

$$\omega_3 = \sqrt{\frac{\varphi_3}{B\varphi_3 + A}}. \quad (42)$$

Для определения закона вращения тела 3 вокруг оси x_1 представим (42) в виде:

$$\frac{d\varphi_3}{dt} = \sqrt{\frac{\varphi_3}{B\varphi_3 + A}}. \quad (43)$$

Разделив переменные в (43) и проинтегрировав полученное уравнение, после ряда преобразований найдем:

$$\sqrt{(A + B\varphi_3)\varphi_3} - \frac{A}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{B}} \ln(\sqrt{(A + B\varphi_3)} + \sqrt{B\varphi_3}) \right] = t + C, \quad (44)$$

где C – постоянная интегрирования, которая при принятых начальных условиях будет:

$$C = -\frac{A}{2\sqrt{B}} \ln\sqrt{A}. \quad (45)$$

С учетом (45), из (44) найдем закон вращения звена 3 вдоль оси x_1

$$\sqrt{(A + B\varphi_3)\varphi_3} - \frac{A}{2} \left[\frac{1}{\sqrt{B}} \ln(\sqrt{(A + B\varphi_3)} + \sqrt{B\varphi_3}) \right] + \frac{A}{2\sqrt{B}} \ln\sqrt{A} = t. \quad (46)$$

Формулы (39), (42) и (46) определяют угловую скорость и угол поворота колеса 3 при его вращении вокруг оси x_1 .

Так как тело 3 совершает сложное движение, то, если это необходимо, используя уравнения (31–34) и (42) и (46) можно найти абсолютное движение колеса 3.

Итак, применяя только теорему об изменении кинетической энергии найдены законы движения всех звеньев механической системы с тремя степенями свободы. Это свидетельствует об универсальности и эффективности этой теоремы.

Выводы

Доказано, что теорема об изменении кинетической энергии может применяться как для тел, так и для механических систем с любым числом степеней свободы.

Теорема об изменении кинетической энергии является универсальной теоремой, которая может эффективно применяться для исследования всех видов механического движения.

Литература:

1. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин. – Москва-Новосибирск, ИНФРА-М, 2008. – 263 с.
2. Смелягин А.И. Теория механизмов и машин : Курсовое проектирование. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 263 с.
3. Смелягин А.И. Структура механизмов и машин. – М.: Высш. шк., 2014. – 304 с.
4. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – М. : Высш. шк., 1990. – 607 с.
5. Ишлинский А.Ю. Механика: идеи, задачи, приложения. – М. : Наука, 1985. – 624 с.
6. Харламов П.В. Очерки об основаниях механики. Мифы, заблуждения и ошибки. – Киев : Наук, думка, 1995. – 407 с.
7. Смелягин А.И. Объекты, для которых сформулированы аксиомы или законы классической механики // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 1. – С. 21–25.
8. Смелягин А.И. Аксиомы или законы движения сформулировал И. Ньютон // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 2. – С. 11–16.
9. Смелягин А.И. Основные, первичные понятия механики // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 2. – С. 17–26.
10. Смелягин А.И. Аксиомы движения материальных тел // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 3. – С. 19–34.
11. Смелягин А.И. Теоремы, принципы и уравнения механики // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 4. – С. 21–29.
12. Смелягин А.И. Применение новых аксиом и следствий из них для исследования движений материальных тел // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – № 1. – С. 19–27.
13. Смелягин А.И. О необоснованности применения законов Ньютона для исследования динамики машин или современные аксиомы движения материальных тел и следствия из них : сборник: проблемы механики современных машин / материалы VI международной конференции; ответственный редактор В.С. Балбаров. – 2015. – С. 344–350.
14. Смелягин А.И. Современные аксиомы движения материальных тел и следствия из них : XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики / Сборник докладов; составители: Д.Ю. Ахметов, А.Н. Герасимов, Ш.М. Хайдаров; ответственные редакторы: Д.А. Губайдуллин, А.И. Елизаров, Е.К. Липачев. – 2015. – С. 3500–3502.
15. Смелягин А.И. Современные аксиомы и следствия из них для исследования динамики машин : Инновации в машиностроении (ИНМАШ-2015) / сборник трудов VII Международной научно-практической конференции; Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Новосибирский государственный технический университет, Бийский технологический институт, МИП Техмаш; под редакцией В.Ю. Блюменштейна, А.А. Баканова, О.А. Останина. – 2015. – С. 526–529.
16. Смелягин А.И. Применение новых аксиом и следствий для исследования движений механических систем // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – № 2. – С. 19–26.
17. Смелягин А.И. Применение новых аксиом и следствий для исследования механических систем вращательного движения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – № 3. – С. 19–27.

18. Смелягин А.И. Применение новых аксиом и следствий для исследования движения колесницы // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 10. – С. 47–62.

19. Смелягин А.И. Применение аналогов скоростей и ускорений для исследования механических систем с помощью новых аксиом и теорем // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 2. – С. 21–29.

20. Смелягин А.И. Применение аналогов скоростей для исследования механических систем вращательного движения // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 10. – С. 125–139.

21. Смелягин А.И. Теорема об изменении кинетической энергии тел и механических систем с несколькими степенями свободы // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 3. – С. 26–34.

22. Смелягин А.И. Важнейшие аксиомы, следствия и теоремы классической механики // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 21–38.

References:

1. Smelyagin A.I. Theory of mechanisms and cars. – Moscow-Novosibirsk, INFRA-M, 2008. – 263 p.
2. Smelyagin A.I. Theory of mechanisms and cars : Course design. – M. : IN-FRA-M, 2014. – 263 p.
3. Smelyagin A.I. Structure of mechanisms and cars. – M. : High school, 2014. – 304 p.
4. Nikitin N.N. Course of theoretical mechanics. – M. : High school, 1990. – 607 p.
5. Ishlinsky A.Yu. Mechanics: ideas, tasks, applications. – M. : Science, 1985. – 624 p.
6. Kharlamov P.V. Sketches about the mechanics bases. Myths, delusions and mistakes. – Kiev : Sciences, thought, 1995. – 407 p.
7. Smelyagin A.I. Objects for which axioms or laws of classical mechanics // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 1. – P. 21–25.
8. Smelyagin A.I. Axioms or laws of the movement were formulated by I. Nnyuton // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 2. – P. 11–16.
9. Smelyagin A.I. Basic, primary concepts of mechanics // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 2. – P. 17–26.
10. Smelyagin A.I. Axioms of the movement of material bodies // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 3. – P. 19–34.
11. Smelyagin A.I. Theorems, principles and equations of mechanics // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 4. – P. 21–29.
12. Smelyagin A.I. Application of new axioms and the investigations from them for a research of movements of material bodies // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2015. – No. 1. – P. 19–27.
13. Smelyagin A.I. About groundlessness of application of laws of Newton for a research of dynamics of cars or modern axioms of the movement of material bodies and the investigation from them : collection: problems of mechanics of modern cars / materials of the VI international conference; editor-in-chief V.S. Balbarov. – 2015. – P. 344–350.
14. Smelyagin A.I. Modern axioms of the movement of material bodies and the investigation from them : The XI All-Russian congress on fundamental problems of theoretical and applied mechanics / Collection of reports; originators: D.Yu. Akhmetov, A.N. Gerasimov, Sh.M. Haydarov; editor-in-chiefs: D.A. Gubaidulin, A.I. Yelizarov, E.K. Lipachev. – 2015. – P. 3500–3502.
15. Smelyagin A.I. Modern axioms and the investigations from them for a research of dynamics of cars: Innovations in mechanical engineering (INMASH-2015) / collection of works VII of the International scientific and practical conference; Kuzbass state technical university of T.F. Gorbachev, Altai state technical university of I.I. Polzunov, Novosibirsk State Technical University, Biysk institute of technology, MIP Tekhmash; under V.Yu. Blyumenstein, A.A. Bakanov, O.A. Ostanin's edition. – 2015. – P. 526–529.
16. Smelyagin A.I. Application of new axioms and the investigations for a research of movements of mechanical systems // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2015. – No. 2. – P. 19–26.
17. Smelyagin A.I. Application of new axioms and the investigations for a research of mechanical systems of rotary motion // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2015. – No. 3. – P. 19–27.

18. Smelyagin A.I. Application of new axioms and the investigations for a research of the movement of the chariot // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 10. – P. 47–62.

19. Smelyagin A.I. Application of analogs of speeds and accelerations for a research of mechanical systems by means of new axioms and theorems // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 2. – P. 21–29.

20. Smelyagin A.I. Application of analogs of speeds for a research of mechanical systems of rotary motion // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 10. – P. 125–139.

21. Smelyagin A.I. The theorem of change of kinetic energy of bodies and mechanical systems with several degrees of freedom // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 3. – P. 26–34.

22. Smelyagin A.I. The major axioms, investigations and theorems of classical mechanics // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 21–38.

УДК 66.011.001

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ПРОЦЕССА АДсорбЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ЖИДКИХ ПАРАФИНОВ
В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ЕГО ПРОТЕКАНИЯ**

**MATHEMATICAL MODEL
OF THE PROCESS OF ADSORPTION PURIFICATION OF LIQUID PARAFFINS
UNDER NONSTATIONARY FLOW CONDITIONS**

Юсубов Фахраддин Вали оглы
доктор технических наук, профессор,
кафедра нефтехимическая технология
и промышленная экология,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
yusfax@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено адсорбционной очистки жидких парафинов, основанные на использование метода физического разделения углеводородной смеси с получением очищенного жидкого парафина. Технология адсорбционной очистки позволяет получить жидких парафинов с содержанием ароматических углеводородов (АРУ) 0,01% (масс), при меньших капитальных вложениях, не связанных с загрязнением окружающей среды. Разработана математическая модель процесса адсорбционной деароматизации жидких парафинов в условиях нестационарности. Для описания нестационарной адсорбции использован второй закон Фика.

Ключевые слова: жидкие парафины, деароматизация, адсорбционная очистка, математическая модель, нестационарность.

Yusubov Fahraddin Vali oglu
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Petrochemical Technology
and industrial ecology,
Azerbaijan State University
of Oil and Industry
yusfax@mail.ru

Annotation. Adsorption purification of liquid paraffins based on the method of physical separation of the hydrocarbon mixture to produce purified liquid paraffin is considered. The technology of adsorption purification makes it possible to obtain liquid paraffins with an aromatic hydrocarbon content of 0.01% (mass), with lower capital investments not associated with environmental pollution. A mathematical model of the process of adsorption dearomatization of liquid paraffins is developed in conditions of nonstationarity. To describe the nonstationary adsorption, Fick's second law was used.

Keywords: liquid paraffins, dearomatization, adsorption purification, mathematical model, nonstationarity.

Важнейшим требованием к современной химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности является использование сырья, активности адсорбентов и катализаторов. В свете вышеуказанного особую актуальность приобретают процессы адсорбционной очистки жидких парафинов. Технология адсорбционной очистки позволяет получить жидкие парафины, с содержанием ароматических углеводородов 0,01 % (масс), при меньших капитальных вложениях, не связанных с загрязнением окружающей среды и проводимых при низких температурах, чем в других процессах [1].

Процесс адсорбционной очистки жидких парафинов, полученных в результате карбамидной депарафинизации, основан на использование метода физического разделения углеводородной смеси с получением очищенного продукта и продукта десорбции. Процесс состоит из следующих стадий [2–4]:

- адсорбция ароматических углеводородов из сырья в жидкой фазе адсорбентом, в результате чего получают очищенные от ароматических углеводородов парафинов;
- удаление из объема адсорбента сырья и десорбция из пор адсорбента ароматических углеводородов с помощью изопропилового спирта;
- продувка адсорбента от спирта смесью водяного пара и продувочного газа и деградация слоя адсорбента;
- охлаждения слоя адсорбента до температуры адсорбции циркулирующим продувочным газом.

В процессе физического разделения углеводородной смеси, химических превращений веществ не происходит, температура адсорбции 40–50 °С.

Тепловые эффекты адсорбции и десорбции, ароматических углеводородов близки по величине, но обратны по знаку.

Процесс очистки *n*-парафинов методом адсорбции представляет собой физическое разделение компонентов сырья и химических превращений продуктов не происходит.

Выход очищенных парафинов от свежего сырья составляет 94,5 % масс, десорбата – 5,5 % масс.

Емкость свежего алюмосиликатного адсорбента по поглощенным ароматическим углеводородам составляет 1,4–1,5 % масс. Длительные (в течение 1700 часов) испытания алюмосиликатного адсорбента на лабораторной установке в условиях процесса очистки промышленного образца парафинов показали, что в первых циклах емкость адсорбента по поглощенным ароматическим углеводородам снизилась до 1,32 % масс и удерживалась на этом уровне (в интервале от 1,24 до 1,5 %) в течение всего периода испытания. Срок службы адсорбента принят равным одному году. Средняя расчетная емкость по ароматическим углеводородам 1,2 % масс.

Процесс адсорбционной очистки жидких парафинов осуществляется в стационарном слое адсорбента, загруженного в пустотелый цилиндрический аппарат – адсорбер. Для поддержания слоя внутри него устанавливаются сетки: сверху и снизу слоя. Для равномерного распределения потоков по сечению адсорбера на входе устанавливаются распределительные устройства [5].

В стадии десорбции процесса адсорбционной очистки парафинов образуется смесь десорбата (углеводородная часть) с изопропиловым спиртом. В стадии продувки образуется смесь изопропилового спирта с водным конденсатом. Первая смесь разделится путем отмывки спирта горячей водой с последующим отстоем и отделением углеводородного потока от спирта водной смеси. Смесь изопропилового спирта и водного конденсата разделяется ректификацией. Специальных методов разделения смесей в процессе не требуется.

Из-за экзотермичности процесса, количество адсорбированного вещества падает повышением температуры, а при постоянной температуре увеличивается с ростом давления.

Изотерма адсорбционной деароматизации парафинов наиболее точно описывается адсорбционным уравнением Ленгмюра:

$$a = \frac{a_x \cdot k \cdot p}{1 + kp}, \quad (1)$$

где a – количество адсорбированного вещества; a_x – количество адсорбата соответствующие плотному предельному заполнению поверхности адсорбента; k – количество равновесия процесса адсорбции; p – давления в системе.

Адсорбция вещества состоит из трех стадий: Перенос молекул из потока к внешней поверхности, зерен адсорбента; диффузия молекул вещества внутрь зерна; собственно акт сорбции, то есть поглощения вещества слоем адсорбента. Уравнение адсорбции из растворов имеет следующий вид:

$$\Gamma = \frac{1}{RT} \left(\frac{\partial \delta}{\partial \ln a} \right), \quad (2)$$

где Γ – избыток поглощенного вещества в адсорбированной фазе по сравнению с его содержанием в растворе; δ – поверхностное натяжения (энергия) раствора; a – адсорбируемость по поглощенному веществу.

Для идеальных (разбавленных) растворов возможна замена поглощенного вещества на его концентрацию. В этом случае уравнение Гиббса имеет вид:

$$\Gamma = \frac{1}{RT} \left(\frac{\partial \delta}{\partial \ln a} \right) = \frac{c}{RT} \left(\frac{\partial \delta}{\partial c} \right). \quad (3)$$

Из уравнения вытекает, что адсорбированная фаза обогащается растворенным веществом, если отношения $\left(\frac{\partial \delta}{\partial c}\right)$ отрицательно, то есть с ростом концентрации данного компонента, в растворе уменьшается поверхностное натяжение на границе раздела фаз. В противном случае, когда $\left(\frac{\partial \delta}{\partial c}\right)$ величина положительная, концентрация данного компонента в адсорбированной фазе ниже его концентрации в растворе, такое явление называется отрицательной адсорбцией. Адсорбируемость вещества из раствора зависит от химической природы не только этого компонента, но и растворителя, соотношения компонентов, температура процесса. Основными уравнениями, описывающими кинетику диффузионных процессов в гомогенной среде, являются законы Фика. При стационарной адсорбции диффузия происходит в направлении выравнивания концентраций поглощенного вещества, причем градиент постоянен во времени [2,5–7].

Скорость адсорбции в этом случае выражается первым законом Фика:

$$\frac{\partial G}{\partial \tau} = -D \cdot S \frac{\partial c}{\partial x}, \quad (4)$$

где G – количество диффундирующего вещества; τ – время; D – коэффициент диффузии; S – поверхность перпендикулярная направлению потока; c – концентрация адсорбции в газовой фазе; x – координата длины.

Нестационарная диффузия сопровождается адсорбцией, когда концентрация адсорбата в твердой фазе изменяется, а градиент концентрации не постоянен. Для описания нестационарной адсорбции пользуются вторым законом Фика:

$$\frac{\partial(a+c)}{\partial \tau} = -D \cdot S \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \quad (5)$$

где a – концентрация адсорбата в адсорбированной фазе.

Уравнение (1)–(5) описывают математической модели процесса адсорбционной деароматизации жидких парафинов в условиях нестационарности.

Литература:

1. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984. – 598 с.
2. Юсубов Ф.В., Зейналов Р.И., Ибрагимов Ч.Ш. // Журнал прикладной химии. – 1994. – Т. 6. – № 5. – С. 861–863.
3. Bathen D., Breitbach M. Adsorptionstechnik. – Berlin : Springer, 2001. – P. 123.
4. Duong Do. Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics. – London : Imperial College Press, 2008. – Vol. 2. – P. 337.
5. Юсубов Ф.В., Бабаев Р.К., Ахундов Э.А., Мамедов Э.А. // Химия и технология топлив и масел. – 2012. – № 2. – С.16.
6. Юсубов Ф.В., Байрамова А.С. // Austrian Journal of Technical and Natural Science Austria. – 2015. – № 5–6. – P. 123.
7. Юсубов Ф.В., Байрамова А.С. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2016. – № 10. – С. 25.

References:

1. Keltsev N.V. Bases of the adsorptive equipment. – M.: Chemistry, 1984. – 598 p.
2. Yusubov F.V., Zeynalov R.I., Ibragimov Ch.Sh. // Magazine of applied chemistry. – 1994. – Т. 6. – No. 5. – P. 861–863.
3. Bathen D., Breitbach M. Adsorptionstechnik. – Berlin : Springer, 2001. – P. 123.
4. Duong Do. Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics. – London : Imperial College Press, 2008. – Vol. 2. – P. 337.
5. Yusubov F.V., Babayev R.K., Akhundov E.A., Mamedov E.A. // Chemistry and technology of fuels and oils. – 2012. – No. 2. – P. 16.
6. Yusubov F.V., Bayramova A. S. // Austrian Journal of Technical and Natural Science Austria. – 2015. – No. 5–6. – R. 123.
7. Yusubov F.V., Bayramova A. S. // Oil processing and petrochemistry. – 2016. – No. 10. – С. 25.

УДК 622.276.63

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА ЮЖНО-СУЛТАНГУЛОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

PECULIARITIES OF CONDUCTING METHODS OF INTENSIFICATION OF OIL PRODUCTION ON THE YUZHNO-SULTANGULOVSKOYE FIELD

Березовский Денис Александрович
заместитель начальника цеха,
филиал ООО «Газпром добыча Краснодар»,
Каневское газопромислое управление
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Кусов Геннадий Владимирович
аспирант,
Северо-Кавказский федеральный университет
de_france@mail.ru

Котельников Александр Сергеевич
студент-магистрант,
институт нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
9183315000@mail.ru

Аннотация. Значение вопросов, рассматриваемых в статье, напрямую связано с повышением добычи нефти в НГДУ «Бугурусланнефть». Подземный ремонт скважин является наиболее сложным видом работ, часто требующих применения специального оборудования (подъёмных агрегатов, промывочных агрегатов, пароперемещаемых установок и т.д.). Наиболее характерные работы при подземном ремонте скважин – увеличение нефтеотдачи призабойной зоны пласта, которые включают в себя механические, химические, физические методы воздействия на ПЗП. В статье рассматривается проведение глинокислотной обработки ПЗП на скважине, оборудованной ШГН; сделан выбор оборудования для глинокислотной обработки; рассматривается порядок проведения ремонта и технология проведения ремонта, а также соблюдение техники безопасности при подземном ремонте скважин.

Ключевые слова: виды подземных ремонтов, проводимых на скважинах; оборудования и механизмы, применяемые при ПРС; насосный агрегат для кислотных обработок; обвязка скважины при проведении простых кислотных обработок; технология проведения ПРС; расчёт и выбор оборудования для проведения ПРС; причины снижения производительности скважин.

Berezovskiy Denis Aleksandrovich
deputy chief,
branch LLC «Gazprom mining Krasnodar»,
Kanevskoe gas field management
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Kusov Gennady Vladimirovich
graduate student,
North-Caucasian Federal University
de_france@mail.ru

Kotel'nikov Alexander Sergeevich
masters' student,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
9183315000@mail.ru

Annotation. The significance of the issues considered in the article is directly related to the increase in oil production in oil and gas production department «Buguruslanneft». Underground repair of wells is the most complex type of work, often requiring the use of special equipment (lifting units, washing units, steam moving equipment, etc.). The most characteristic works for underground well repair are an increase in oil recovery from the bottomhole formation zone, which include mechanical, chemical, physical methods of impact on the bottomhole formation zone. The article deals with the carrying out of clay-acid treatment of bottomhole formation zone on a well equipped with sucker rod pump; a choice of equipment for clay acid treatment; the order of carrying out of repair and technology of carrying out of repair is considered, and also observance of safety precautions at underground repair of wells.

Keywords: types of underground repairs conducted on wells; equipment and mechanisms used in underground well repair; pumping unit for acid treatments; bundling of the well with simple acid treatments; technology of conducting of underground well repair; calculation and selection of equipment for conducting of underground well repair; reasons for the decline in well productivity.

Южно-Султангуловское месторождение расположено в 35 км к юго-востоку от г. Бугуруслана. Ближайшие населённые пункты: Наумовка, Лепаревка, Петровка, Курбанай и другие.

Промышленная нефтеносность приурочена к отложениям бобриковского пласта Б₂, который залегает в кровельной части бобриковского горизонта. Покрышкой для

коллекторов служат окремнённые и глинистые известняки тульского горизонта. Подстиляется пласт Б₂ одновозрастными глинами и аргиллитами мощностью 5–6 м.

Разработка пласта Б₂ бобриковского горизонта Южно-Султангуловского месторождения осуществляется согласно «Технологической схемы разработки Южно-Султангуловского месторождения», составленной НПУ «Оренбургнефть».

По состоянию на 01.01.2017 г. действующий фонд скважины составил 9 скважин, в бездействии – 2 скважины.

В настоящее время на месторождении ведётся бурение скважин. За отчётный год из бурения в разработку были пущены 4 скважины:

- скважина № 855 с дебитом 56 тонн/сут.;
- скважина № 862 с дебитом 26 тонн/сут.;
- скважина № 864 с дебитом 12 тонн/сут.;
- скважина № 863 с дебитом 48 тонн/сут.

Все добывающие скважины безводные. В отчётном году завершено бурение эксплуатационных скважин (уточнено геологическое строение месторождения, определён контур ВНК). Дальнейшее разбуривание нецелесообразно. Остаточные извлекаемые запасы будут выработаны существующим фондом скважин. Разработка месторождения ведётся без поддержания пластового давления.

За 2016 год добыто 84722 тыс. тонн нефти и 29195 тыс. тонн жидкости. Годовая обводнённость – 25,6 %.

С целью дальнейшего выполнения проектных показателей разработки необходима организация системы ППД.

Средний дебит – 37 тонн/сут. 5 скважин оснащены ЭЦН с дебитом 50 тонн/сут., 4 скважины оснащены ШГН с дебитом 23 тонн/сут.

1 скважина ликвидирована. Общий фонд – 12 скважин. Пластовое давление составляет 278 атм.

Виды подземных ремонтов, проводимых на скважинах

Подземный ремонт скважин условно подразделяют на текущий ремонт скважин и капитальный ремонт скважин.

К текущему ремонту относятся мероприятия, которые были осуществляемы по заранее составленному графику, предусматривающему проверку, ремонт, частичную или полную замену подземного оборудования, а также очистку забоя труб.

Текущий ремонт нефтяных скважин подразделяют на:

- *планово-предупредительный* (или также именуемый *профилактический*) – это ремонт с целью предупреждения отклонений от заданных технологических режимов эксплуатации скважин, вызванных возможными неполадками в работе как подземного оборудования, так и самих скважин. Планово-предупредительный ремонт планируется заблаговременно и проводится в соответствии с графиками ремонта, т.е. планово-предупредительный ремонт должен проводиться ещё до того, как скважина снизит дебит или прекратит подачу нефти. Для обеспечения рационального использования скважинного оборудования рекомендуется использовать растворители АСПО и присадки к ним;

- *восстановительный (внеплановый)* ремонт скважин – это ремонт, вызванный непредвиденным резким ухудшением технологического режима эксплуатации скважин или их остановкой из-за отказа насоса, обрыва штанговой колонны, ликвидация обрыва или отвинчивания насосных штанг, смена клапанов глубинного насоса, устранения течи труб. Как правило, восстановительный (внеплановый) ремонт скважин происходит в течение межремонтного периода.

Капитальный ремонт нефтяных скважин – это комплекс мероприятий, связанный с ликвидацией аварий с подземным оборудованием, с изоляцией посторонних вод, с возвратом на другой продуктивный горизонт, зарезкой и бурением второго ствола. Капитальный ремонт скважин является более сложной работой на скважинах.

Показателем качества подземных работ являются межремонтные периоды работы скважины, под которой подразумевается продолжительность фактической эксплуатации скважины от предыдущего ремонта до последующего. Чем он больше, тем

лучшие технологии использованы ремонтниками и тем качественней оборудование, установленное на скважине. К примеру, использование растворителя АСПО «ЭФРИЛ» позволяет увеличить межремонтный период с 600 до 800 суток. Межремонтный период работы скважин определяется путём деления числа скважино-дней, отработанных в течение определённого периода (квартала, полугодия), на число подземных ремонтов, проведённых за тот же период в данной скважине.

Оборудования и механизмы, применяемые при ПРС

Для спускоподъёмных операций применяют грузоподъёмные сооружения, элеваторы, спайдеры, трубные и штанговые ключи, автоматы.

Грузоподъёмное сооружение – вышка, которая устанавливается на площадке над устьем скважины. Вышки могут устанавливаться стационарно или входят в комплект агрегата подземного ремонта скважин и монтируются над устьем скважины только при её ремонте.

Элеваторы предназначены для захвата и удержания их на весу при СПО.

Спайдер служит для захвата и удержания на весу колонны НКТ при спуске или подъёме из скважины.

Трубные ключи используют для свинчивания и развинчивания насосных труб.

Штанговые ключи предназначены для свинчивания и развинчивания насосных штанг.

Для механизации работ по свинчиванию и развинчиванию труб, а также для удержания колонны труб на весу применяют автоматы подземного ремонта.

Для ловильных работ применяют труболочки, овершоты, колокола, метчики, крючки, удочки, ерши, магнитные фрезеры.

Для ловли насосных штанг применяют шлипсовые муфты.

Ловлю перфораторов, кабеля и стального каната проводят различного рода крючками, удочками и ершами.

Для ловли небольших металлических предметов применяют магнитный фрезер.

При выполнении работ по капитальному ремонту скважин используют также оборудование для вращения инструмента, цементируемые и насосные установки, цементируемые и пескосмесительные машины, блоки манифольдов.

К оборудованию для вращения инструмента относятся роторы и вертлюги. Ротор предназначен для вращения бурильного инструмента и удержания на весу колонны труб при СПО. Вертлюг предназначен для удержания на весу вращающегося бурильного инструмента и подвода промывочной жидкости от насоса в колонну труб.

Цементируемые агрегаты служат для приготовления, закачивания и продавливания тампонажных и других растворов в скважину, для промывок скважин через спущенные в них трубы, обработки призабойной зоны пласта, опрессовки труб и оборудования.

Для проведения работ по воздействию на призабойную зону пласта с целью интенсификации добычи нефти и газа и работ по ограничению притока пластовых вод используют насосные установки.

Пескосмесительная установка используется для транспортирования песка, приготовления песчано-жидкостной смеси и подачи её на приём насосных агрегатов при гидравлических разрывах пласта, проведении различных операций, включающих закачку в скважину сыпучих, гранулированных материалов.

Блоки манифольдов предназначены для обвязки насосных установок между собой и с устьевым оборудованием при нагнетании жидкости в скважину.

Агрегат А-50У (рис. 1) предназначен для освоения и ремонта нефтяных, газовых и нагнетательных скважин с проведением СПО с НКТ и бурильными трубами, промывки песчаных пробок, глушения скважин, циркуляции промывочного раствора при бурении, фрезеровании и разбуривании цементных стаканов, для проведения ловильных и других работ по ликвидации аварий в скважинах. Все механизмы агрегата смонтированы на шасси КРАЗ-250 с подогревателем ПЖД-44-П.

В качестве привода насосного оборудования используется ходовой двигатель в агрегате шасси КРАЗ-250. Мощность от двигателя отбирается через коробку отбора мощности, находящейся на раздаточной коробке автомобиля.

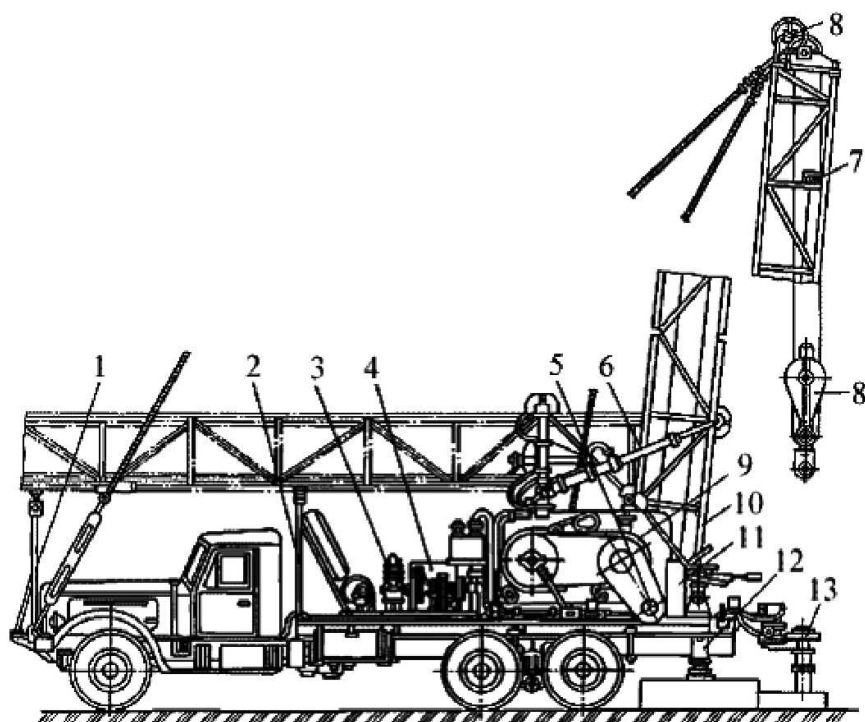


Рисунок 1 – Агрегат А-50У:

- 1 – передняя опора; 2 – промежуточная опора; 3 – компрессор; 4 – трансмиссия; 5 – промежуточный вал;
 6 – гидроцилиндр подъема вышки; 7 – ограничитель подъема крюкоблока; 8 – талевая система;
 9 – лебёдка; 10 – вышка; 11 – пульт управления; 12 – опорные домкраты; 13 – ротор

В рабочем положении мачта одной стороны опирается на лебёдку, другой – через домкрат на грунт. Установку мачты из транспортного положения в вертикальное (рабочее) и обратно проводят посредством домкратов, цилиндры у которых защищены кожухом. Кронблок мачты и талевый блок оснащены талевым канатом. На мачте размещены подвеска ключей и подвеска бурового рукава, который соединяется с насосом при помощи манифольда. При необходимости к талевому блоку можно подвесить вертлюг с квадратной штангой. Нагрузка на крюке определяется при помощи индикатора веса, устанавливаемого на «мёртвом» конце талевого каната. В транспортном положении мачта опирается на переднюю опору, размещённую на переднем буфере, где также находится балка для крепления силовых оттяжек, и на среднюю опору, на которой установлена вспомогательная электролебёдка. Гидросистема обеспечивает питание гидрораскрепителя и гидромотора.

В состав установки входит также электрооборудование, узел управления и освещения шасси, установка запасного колеса и площадки оператора.

Установку вышки в вертикальное и горизонтальное положение проводят при работе коробки передач автомобиля на первой передаче и при одном включённом маслоснаосе. Гидросистема заполняется профильтрованным маслом ВМТ 3 для работы при температуре окружающей среды от -50 до $+65$ °С. Пневмосистема агрегата снабжается сжатым воздухом от двухцилиндрового двухступенчатого компрессора М155-2В5.

На обустроенных нефтяных промыслах, на которых проектируются кислотные обработки скважин (ГКО), как правило, сооружаются кислотные базы с соответствующими подъездными путями (включая железнодорожную ветку), насосными помещениями, лабораторией, гуммированными ёмкостями, складскими помещениями, душевыми и помещениями для бригады, а также при необходимости и котельными для подогрева растворов в зимнее время.

На скважины рабочий раствор доставляется в автоцистернах 4ЦР ёмкостью $9,15 \text{ м}^3$ или УР-20 ёмкостью 17 м^3 . Для перевозки концентрированных неингибированных кислот ёмкости должны быть гуммированы. Для перевозки ингибированных кислот достаточно покрытия этих ёмкостей химически стойкими эмалями. На скважинах часто используют передвижные ёмкости (на салазках) объёмом 14 м^3 , которые в зимних ус-

ловиях работы оборудуют змеевиком для обогрева растворов паром. Для перекачки кислот используются только специальные кислотоупорные центробежные насосы с подачей от 7 до 90 м³/ч и напора от 8 до 30 м.

Для закачки ингибированных растворов кислоты в пласт используется, например, специальный насосный агрегат на автомобильном шасси – Азинмаш-30А, показанный на рисунке 2, с гуммированной резиной цистерной, состоящей из двух отсеков ёмкостью 2,7 м³ и 5,3 м³, а также с дополнительной ёмкостью на прицепе с двумя отсеками по 3 м³ каждый. Агрегат снабжён основным трёхплунжерным горизонтальным насосом высокого давления 4НК500 одинарного действия для закачки кислоты в скважину. Насос имеет привод через специальную коробку от основного двигателя автомобиля мощностью 132 кВт. Конструкция силового насоса предусматривает сменные плунжеры диаметром 110 и 90 мм. Насосы обеспечивают подачу от 1,03 до 12,2 л/с и давление от 7,6 до 50 МПа в зависимости от частоты вращения вала (5 скоростей от 25,7 до 204 об./мин.).

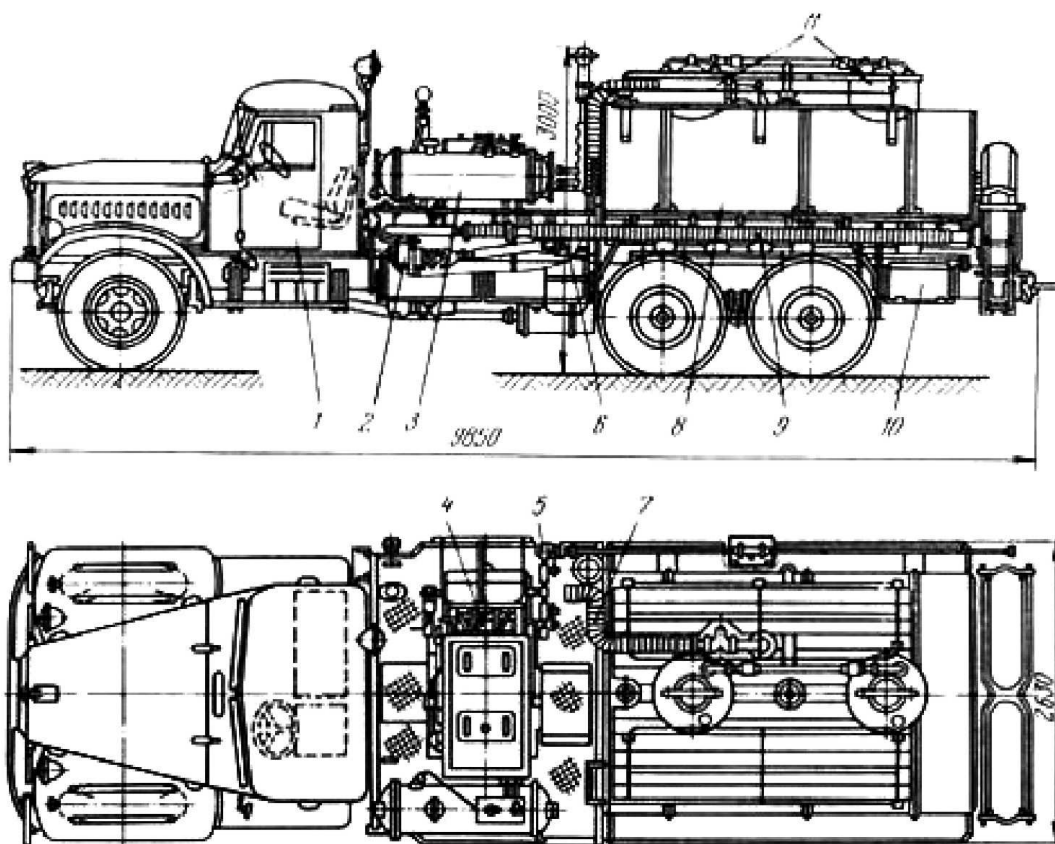


Рисунок 2 – Насосный агрегат для кислотных обработок Азинмаш-30А:

- 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

Агрегатом при кислотных обработках скважины используют цементируемые агрегаты ЦА-320М, а также насосный агрегат для гидроразрыва АН-700.

Для предотвращения быстрого изнашивания агрегатов при прокачке даже ингибированного раствора кислоты необходима обязательная их промывка водой непосредственно после завершения работ. В промывочную воду желательно добавлять тринатрийфосфат в количестве 0,3–0,5 % для лучшей нейтрализации остатков кислоты. Схема обвязки скважины при простых кислотных обработках или в ваннах показана на рисунке 3. Силовой насос агрегата Азинмаш-30А может забирать жидкость не только из ёмкостей, установленных на платформе агрегата, но и с помощью резиновых шлангов откачивать её из ёмкостей на автоприцепе и из передвижных ёмкостей.

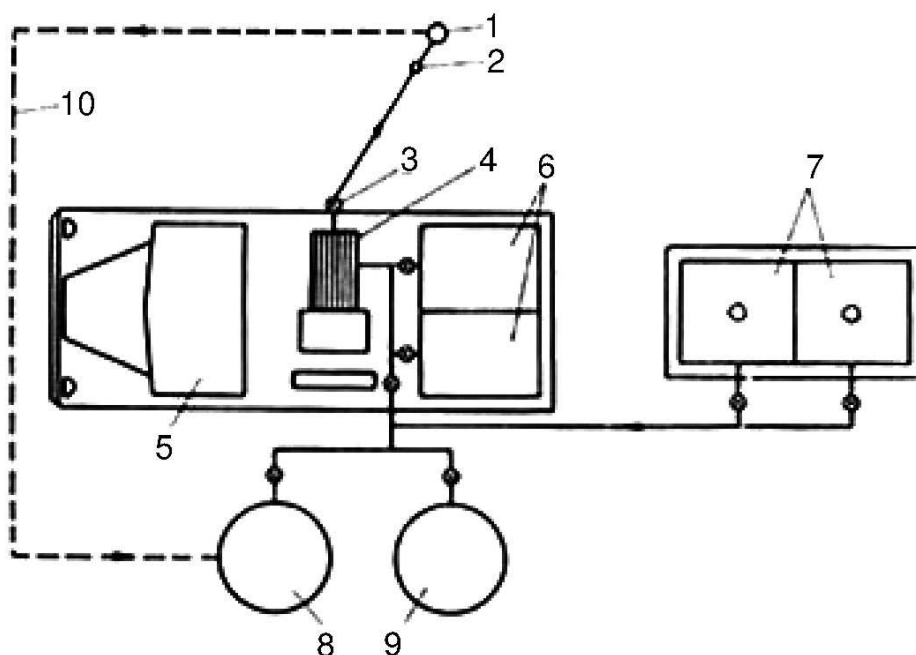


Рисунок 3 – Схема обвязки скважины при проведении простых кислотных обработок:

1 – устье скважины; 2 – обратный клапан; 3 – задвижка высокого давления; 4 – насос 4НК-500; 5 – агрегат Азинмаш 30А; 6 – ёмкость для кислоты на агрегате; 7 – ёмкость для кислоты на прицепе; 8 – ёмкость для промывочной жидкости; 9 – ёмкость для кислоты; 10 – линия для обратной циркуляции

При кислотных обработках используется дополнительно цементировочный агрегат ЦА-320М в качестве подпорного насоса, подающего жидкость на приём силового насоса агрегата Азинмаш 30А. Кроме того, агрегат ЦА-320М со вспомогательным роторным насосом низкого давления и двумя ёмкостями на платформе позволяет перемешивать растворы кислоты.

Роторный насос используют также при приготовлении нефтекислотных эмульсий для закачки в поглощающие интервалы с целью расширения охвата обработкой большой толщины пласта. Для создания более высоких скоростей закачки, если подачи одного агрегата при данном давлении оказывается недостаточно, используют два и более параллельно работающих агрегатов. Устье скважины при обработке под давлением оборудуется специальной головкой, рассчитанной на высокие давления, с быстроръёмными соединениями.

Головка скважины с обязательным обратным клапаном и задвижкой высокого давления соединяется с выкидом насосного агрегата прочными металлическими трубами. Обычно в этих случаях используется оборудование для гидравлического разрыва пласта или пескоструйной перфорации. При промывке пласта и других технологических операциях устье скважины оборудуют специальной арматурой, которая носит название арматура устья скважины универсальная типов 2АУ-70 и 2АУ-70СУ, так как этой арматурой можно пользоваться также при гидropескоструйной перфорации и цементировании скважин. Арматура устья (рис. 4) состоит из крестовины с патрубком диаметром 80 мм, устьевой головки с сальником, пробковых кранов и других элементов. У крестовины имеются три горизонтальных отвода, к двум из которых через пробковые краны присоединяют напорные линии от насосных агрегатов. На крестовине установлен манометр с разделителем, заполненным маслом. Устьевая головка имеет четыре отвода – три отвода с пробковыми кранами, а к четвёртому крану присоединены манометр и предохранительный клапан гвоздевого типа. На нижнем конце головки нарезана резьба для присоединения к эксплуатационной колонне диаметром 168 мм. К колонне другого размера головку присоединяют при помощи переводника или фланца. Арматура может присоединяться к подъёмным трубам диаметрами 73 и 89 мм. Отводы арматуры имеют гибкие соединения.

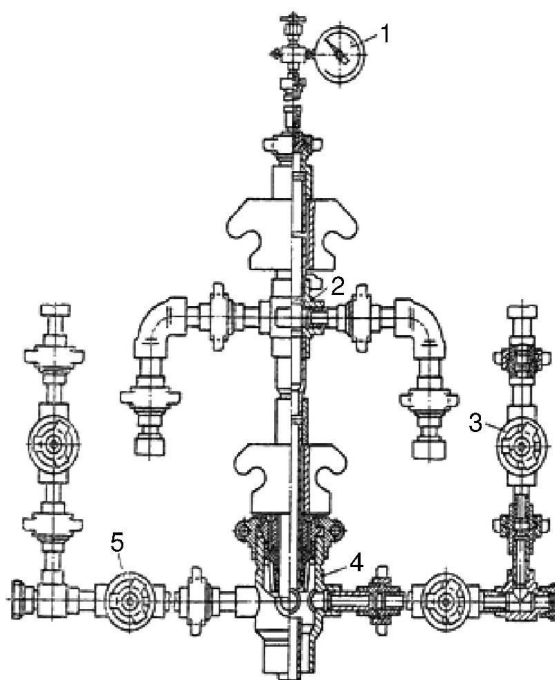


Рисунок 4 – Арматура устья 2АУ-70 и 2АУ-70СУ:

1 – манометр; 2 – трубная головка; 3 и 5 – пробковые краны; 4 – устьевая головка

Технология проведения ПРС

Технология проведения глинокислотной обработки (ГКО) включает следующие операции:

- произвести глушение скважины;
- поднять глубинно-насосное оборудование;
- исследовать скважину (замерить давление, глубину забоя);
- спустить НКТ с патрубком со скошенным концом;
- промыть скважину до искусственного забоя;
- поднять НКТ с патрубком;
- спустить НКТ в следующей компоновке: хвостовик, пакер, клапан, спецмуфта, НКТ; пакер установить над интервалом перфорации;
 - при проведении термокислотной обработки в компоновку включить термонаконечник (контейнер с магнием);
 - собрать устьевое сальниковое устройство;
 - произвести гидравлическое испытание пакера и НКТ;
 - определить приёмистость пласта;
 - закачать и продавить раствор кислоты в пласт по расчёту;
 - карбонатные коллекторы, не содержащие в своём составе осадкообразующих включений (сульфаты, соединения железа), обработать 10–16 %-ной соляной кислотой;
 - коллекторы, содержащие осадкообразующие включения, обработать 10 %-ной уксусной кислотой;
 - при обработке карбонатных коллекторов, содержащих соединения железа, в соляную кислоту ввести 3–5 % уксусной кислоты для предупреждения осадкообразования в растворе;
 - для глубокой обработки трещинно-поровых коллекторов использовать замедляющие действие составы на основе соляной кислоты – дисперсные системы типа эмульсии. Для приготовления кислотной пены и нефтекислотной эмульсии использовать ПАВ (сульфанол, ОП-10) и стабилизатор КМЦ;
 - для обработки терригенных коллекторов с карбонатностью менее 10 %, а также в случае загрязнённой ПЗП использовать глинокислотные растворы, приготовленные из соляной (10–12 %) и плавиковой (3–5 %) кислот (вместо плавиковой кислоты можно использовать кристаллический бифторид аммония);

- термохимическую обработку произвести с использованием соляной кислоты;
- выдержать кислотный раствор 2 часа при температуре пласта до 30 °С и 1,0–1,5 часа при температуре 30–60 °С;
- промыть скважину;
- вызвать приток из пласта снижением уровня жидкости;
- поднять НКТ;
- спустить глубинно-насосное оборудование;

Расчёт и выбор оборудования для проведения ПРС

Для составления проекта взята технико-эксплуатационная характеристика скважины № 854 Южно-Султангуловского месторождения.

Прежде чем выбирать оборудование для проведения подземного ремонта скважины, необходимо привести технические и весовые характеристики оборудования, находящегося в скважине. Выбор основного оборудования для подземного ремонта производится, исходя из наиболее сложных условий подъёма. Например, когда колонну приходится поднимать вместе с жидкостью (случай заклинивания плунжера в установках ШГН; не сбит сливной клапан в установках ЭЦН).

1. Определение ожидаемой нагрузки на крюк для скважин, оборудованных УШГН, складывается из веса насосно-компрессорных труб, веса жидкости в НКТ, веса штанг и насоса. Исходя из максимальной нагрузки на крюке, которая составляет 33 тонны, и производства ремонтных работ в данной скважине выбирается агрегат А-50У и оборудование для талевой системы массой 50 тонн.

2. Расчёт натяжений в струнах каната. При ремонте скважины, оборудованной установкой ЭЦН, подъём и спуск оборудования ведут со скоростью не более 0,25 м/с, т.е. расчёт ведут только по первой скорости лебёдки.

Вспомогательное время определяется по нормативно-справочной литературе.

Основным критерием для выбора оборудования является ожидаемая нагрузка на ключ, которую определяют исходя из наиболее тяжёлых условий подъёма оборудования из скважины. Выбор основного оборудования для спускоподъёмных операций производится по максимальной нагрузке на крюке с учётом климатических условий данного района и технической оснастки нефтедобывающего предприятия. Грузоподъёмность выбираемого оборудования должна максимально приближаться к расчётной нагрузке на крюке. Так как в расчёте нагрузка на крюк составляет 34 тонны, для проведения ремонта выбираем агрегат А-50У грузоподъёмностью 50 тонн.

Причины снижения производительности скважин

Главные и основные причины снижения производительности описаны в следующих пунктах:

- при строительстве скважин глинистый раствор (буровой раствор) за счёт гидростатического давления проникает в поры продуктивного пласта и значительно уменьшает проходные отверстия;
- плохо сцементированные частицы пласта при неправильной эксплуатации залежи также способствуют уменьшению проходных отверстий (пор) пласта;
- в первоначальный период эксплуатации залежи фонтанным способом лёгкие углеводороды стремятся, в первую очередь, проникнуть в скважину. Вследствие этого с истечением времени вязкость нефти увеличивается и тяжёлые углеводороды (смоло-парафинистые вещества) забивают поры продуктивного пласта;
- за счёт неправильной эксплуатации залежи большое сопротивление оказывает сама граница раздела фаз «нефть – вода», «нефть – газ»;
- одним из важнейших факторов уменьшения пропускной способности коллекторов является образование нефтяных эмульсий, которые, в первую очередь, забивают поры пласта, а во вторую очередь, при воздействии на эмульсионные пузырьки силы только деформируют их, но не разрывают. Проще говоря, увеличивается стойкость нефтяных эмульсий;
- причиной низкой продуктивности скважин может быть и некачественная перфорация вследствие применения маломощных перфораторов, особенно в глубоких скважинах, где энергия взрыва заряда поглощается энергией больших гидростатических давлений.

Все отрицательные явления, перечисленные выше, каждое в определённой степени важности, приводят к снижению дебитов скважин. На основании этого возник в своё время вопрос о методах увеличения продуктивности пластов. В настоящее время операциями по увеличению нефтеотдачи пластов занимаются цеха при НГДУ по подземному ремонту скважин, а в отдельных регионах – специализированные организации.

Существующие методы интенсификации притока нефти

Для интенсификации добычи нефти и газа применяют различные методы повышения производительности скважин. Их много, но они должны выбираться, исходя из специфических условий применительно к конкретному пласту-коллектору. Основные из них следующие:

- химические методы:
 - 1) солянокислотная обработка ПЗП;
 - 2) обработка ПЗП грязевой кислотой;
 - 3) углекислотная обработка ПЗП;
- механические методы воздействия на ПЗП и пласт-коллектор:
 - 1) гидравлический разрыв пласта;
 - 2) гидropескоструйная перфорация скважин;
 - 3) торпедирование скважин;
 - 4) действие взрывчатых веществ (ВВ);
 - 5) действие ядерных взрывов;
- тепловые методы обработки ПЗП:
 - 1) закачка в скважину нагретой жидкости, обработанной ПАВ;
 - 2) прогрев ПЗП паром;
 - 3) глубинный электропрогрев;
- физические методы воздействия на ПЗП и пласт-коллектор:
 - 1) вибровоздействия.

Химические методы воздействия дают хорошие результаты в слабопроницаемых карбонатных коллекторах. Их успешно применяют в цементированных песчаниках, в состав которых входят карбонатные цементирующие вещества.

Физические методы предназначаются для удаления из призабойной зоны скважины остаточной воды и твёрдых мелкодисперсных частиц, что в конечном итоге увеличивает проницаемость пород по нефти.

Тепловые методы воздействия применяются для удаления со стенок поровых каналов парафина и смол, а также для интенсификации химических методов обработки призабойных зон. Наибольшее применение среди химических методов имеют СКО и ГКО.

Солянокислотная обработка скважин основана на способности соляной кислоты проникать в глубь пласта, растворяя карбонатные породы. В результате на значительное расстояние от ствола скважин простирается сеть расширенных каналов, что значительно увеличивает фильтрационные свойства пласта и приводит к повышению продуктивности скважин.

Глинокислотная обработка наиболее эффективна на коллекторах, сложенных из песчаников с глинистым цементом, и представляет собой смесь плавиковой и соляной кислот. При взаимодействии ГКО с песчаником или песчано-глинистой породой растворяются глинистые фракции и частично кварцевый песок. Глина утрачивает пластичность и способность к разбуханию, а её взвесь в воде теряет свойство коллоидного раствора.

Пенокислотная обработка скважин применяется для наиболее дальнего проникновения соляной кислоты в глубь пласта, что повышает эффективность обработок. Сущность способа заключается в том, что в призабойную зону пласта вводится не обычная кислота, а азрированный раствор поверхностно-активных веществ (ПАВ) в соляной кислоте.

Термокислотная обработка – это комбинированный процесс: в первой фазе его осуществляется тепловая обработка забоя скважины, а во второй – кислотная обработка. При термокислотной обработке для нагрева раствора соляной кислоты используется тепло экзотермической реакции. Для этого применяют специальный забойный

наконечник со стержневым магнием. Окончательная температура раствора после реакции 75–90 °С.

Для осушки призабойной зоны и растворения АСПО применяются обработки призабойной зоны ацетоном и растворителем типа ШФЛУ (широкая фракция лёгких углеводородов).

К физическим методам относятся:

- дополнительная перфорация и перестрел старых интервалов;
- акустическое воздействие;
- вибровоздействие.

При прогреве призабойной зоны парафинисто-смолистые вещества расплавляются и выносятся потоком нефти на поверхность. Это улучшает фильтрационную способность породы в призабойной зоне, снижается вязкость и увеличивается подвижность нефти, что также облегчает условия её продвижения в пласте.

Призабойную зону прогревают при помощи глубинных электронагревателей и газонагревателей, горячей нефтью, нефтепродуктами, водой и паром, а также путём термохимического воздействия.

Выбор оптимального метода и его описание

Промышленная нефтеносность Южно-Султангуловского месторождения приурочена к отложениям бобриковского отложения Б₂. Пласт Б₂ залегает в кровельной части бобриковского горизонта. Покрышкой для коллекторов служат окремнённые и глинистые известняки тульского горизонта. Подстигается пласт Б₂ одновозрастными глинами и аргиллитами мощностью 5–6 м. Для данного пласта целесообразно произвести глинокислотную обработку.

Грязевыми кислотами (или глинокислотами) называют смесь соляной HCl и фтористо-водородной (плавиковой) HF кислот.

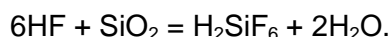
Грязевую кислоту применяют для обработки эксплуатационных и нагнетательных скважин, продуктивные горизонты которых сложены песчаниками или песчано-глинистыми породами, а также для удаления глинистой корки со стенок скважины. Эту кислоту нельзя применять для обработки карбонатных пород или сильно карбонизированных песчаников, так как образуется слизистый осадок фтористого кальция CaF₂, который способен закупоривать поровые каналы.

Особенностью грязевой кислоты является её способность растворять глинистые частицы и в некотором количестве даже кварцевый песок. Одновременно после обработки скважин грязевой кислотой глины теряют способность к разбуханию и понижению, таким образом, проницаемости.

Порядок проведения обработки призабойной зоны скважины, как правило, следующий.

Предварительно в скважине против обрабатываемых продуктивных пластов делают солянокислотную ванну с целью очистки призабойной зоны от различных загрязнений. Если стенки скважины покрыты цементной коркой, к солянокислотному раствору добавляют до 1,5 % плавиковой кислоты.

После солянокислотной ванны в продуктивные пласты закачивают 10–15 %-ный раствор соляной кислоты с целью растворения карбонатных включений. Продукты реакции пород с кислотными растворами из призабойной зоны интенсивно удаляются перед обработкой скважины грязевой кислотой. На следующем этапе обработки в продуктивные пласты закачивают грязевую кислоту – смесь растворов 3–5 %-ной плавиковой кислоты с 10–12 %-ной соляной кислотой. В этом случае происходит следующая реакция плавиковой кислоты с окисью кремния:



Для сильно заглинизированных в процессе бурения скважин количество плавиковой кислоты в смеси с 15 %-ной HCl может быть доведено до 6 %. Во избежание контактирования с промывочной водой в скважине рекомендуется кислотный раствор готовить только на пресной воде и перед его закачкой в насосно-компрессорные трубы вводить 4–8 м³ нефти. После продавки глинокислотного раствора в пласт по истечении 8–12 часов скважину вводят в эксплуатацию.

Установлено, что при газолино-глинокислотных обработках с применением от 2 до 5 м³ специального раствора (16–20 %-ная HCl + конденсат) на 1 м вскрытой мощности пласта при сроках реагирования 16–24 часов получают хорошие результаты. Наиболее эффективны газолино-глинокислотные обработки при закачке небольших объёмов глинокислоты – от 0,5 до 1,5 м³ на 1 м вскрытой мощности пласта. Эффективность обработок резко возрастает при соотношениях растворителя и кислоты 3:1 и 4:1.

На нефтяных промыслах применяют следующие виды кислотных обработок: кислотные ванны, кислотные обработки, кислотные обработки под давлением, термохимические и термокислотные обработки и т.д. Наиболее распространены обычные кислотные обработки, когда в продуктивные пласты нагнетают специальный раствор соляной кислоты. Предварительно скважину очищают от песка, механических примесей, продуктов коррозии и парафина. У устья монтируют оборудование, агрегаты и средства, спрессовывают трубопроводы.

Технология различных солянокислотных обработок неодинакова и изменяется в зависимости от вида обработки, физических особенностей пласта, пород, слагающих продуктивный пласт, и т.д. Эффект от проведения солянокислотной обработки оценивается по количеству дополнительно добытой из скважины нефти, а также по величине повышения коэффициента продуктивности. Рекомендуется применять кислотный раствор с содержанием в нём от 15 до 20 % HCl, а для скважин, закреплённых обсадной колонной, – раствор более низкой концентрации HCl (10–12 %). К раствору кислотных ванн, предназначенных для растворения окисных соединений железа, рекомендуется добавлять до 2–3 % уксусной кислоты. Кислоту для реагирования с породами пласта рекомендуется оставлять в скважине на 24 часа. По истечении этого срока при обратной промывке очищают забой от загрязняющих веществ.

На рисунке 5 показана схема обработки скважины грязевой кислотой.

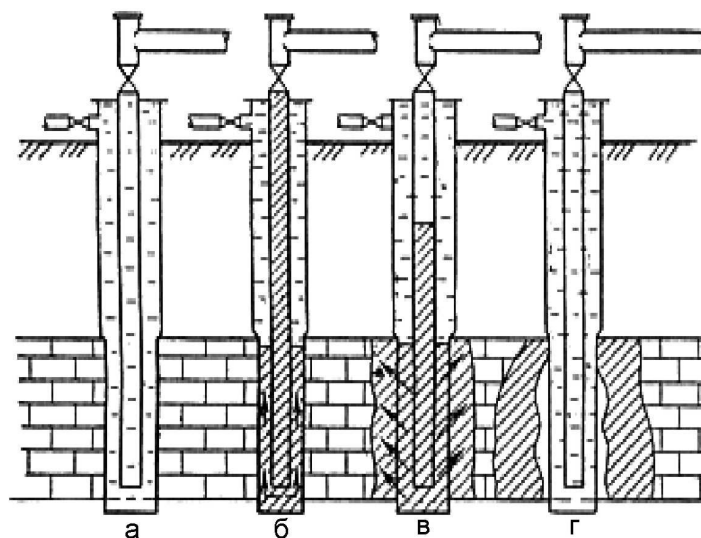


Рисунок 5 – Схема обработки скважины грязевой кислотой

В качестве продавочной жидкости обычно используют воду. Если же после кислотной ванны планируется сразу прямая промывка забоя (через насосно-компрессорные трубы), то в качестве промывочной жидкости следует применять нефть.

Анализ методов интенсификации притока нефти

Эксплуатация нефтяных месторождений сопровождается ухудшением проницаемости пород-коллекторов в призабойной зоне скважин. Одной из причин такого ухудшения является отложение асфальто-смоло-парафиновых отложений (АСПО) на поверхности породы, обусловленное повышенным содержанием этих компонентов в высоковязких нефтях. С целью восстановления проницаемости до величины, равной или близкой к первоначальной, применяют различные методы обработки призабойной зоны скважин (ОПЗ).

Ежегодно около половины объёма нефти на месторождении добывается за счёт геолого-технических мероприятий (ГТМ) текущего года и продолжающихся эффектов от ГТМ прошлых лет.

Основное количество дополнительной нефти в последние пять лет получено за счёт трёх видов мероприятий по интенсификации добычи нефти.

Наибольшее распространение из физико-химических методов воздействия на терригенные породы Южно-Султангуловского месторождения получила солянокислотная обработка и её модификации. Так, в 2016 году количество таких ремонтов составило 56 %. Основными её преимуществами являются простота осуществления и низкая стоимость работ.

По результатам анализа, проведённого С.А. Ждановым (ОАО ВНИИ нефть имени А.П. Крылова), особую озабоченность вызывает состояние с испытанием и применением так называемых третичных методов увеличения нефтеотдачи (МУН): тепловых, газовых и химических. Большинство этих методов может обеспечить значительное увеличение нефтеотдачи пластов и прирост дополнительных извлекаемых запасов нефти по сравнению с заводнением даже на поздней стадии разработки месторождения. Именно с применением этих методов большинство специалистов в нашей стране и за рубежом связывают будущее нефтяной промышленности.

По данным А.А. Арбатова (СОПС Министерства экономического развития и торговли РФ и Российской академии наук), в России (как и ранее в СССР) преимущественное развитие получают физико-химические методы, в то время как в других странах, например, в США и Канаде – тепловые и газовые.

Добыча нефти за счёт химических методов в лучшие годы не превышала 3 % общей добычи за счёт применения МУН. В СССР (а затем в России) уже с конца 80-х годов прошлого столетия доля добычи нефти за счёт физико-химических методов стала превышать 50 %, в дальнейшем постоянно росла (доля добычи за счёт газовых методов не превышала 7 %), а в настоящее время, по данным Минэнерго РФ, превышает 80 %.

Для реальной оценки эффективности и классификации технологий воздействия на нефтяные пласты необходимо вести учёт энергозатрат.

Например, по данным А.Я. Хавкина (ИПНГ РАН), применение магнитных устройств для обработки закачиваемой в пласт воды позволяет обеспечить увеличение приёмистости скважин в 2,5 раза или снижение давления нагнетания на несколько МПа.

Газовые методы – на сегодняшний день очень перспективные методы, позволяющие значительно увеличивать нефтеотдачу, но, к сожалению, в России почти не применяются, в основном по причине отсутствия компрессоров высокого давления.

Химические методы интенсификации притоков нефти. На разрабатываемых месторождениях в основном применяется ограниченное число химических методов воздействия на ПЗП, которые можно объединить в четыре группы:

- 1) водные растворы на основе ПАВ;
- 2) эмульсионные растворы;
- 3) кислотосодержащие растворы;
- 4) композиции на основе полимеров.

Эффективными методами химического воздействия на пласт являются кислотные обработки в различных модификациях.

Наибольшее распространение из физико-химических методов воздействия на терригенные породы Южно-Султангуловского месторождения получила глинокислотная обработка и её модификации.

Для обработки терригенных коллекторов с карбонатностью менее 10 %, а также в случае загрязнённой ПЗП используют глинокислотные растворы, приготовляемые из соляной (от 10 до 12 % масс.) и плавиковой (от 3 до 5 % масс.) кислот. Допустимо использование взамен плавиковой кислоты кристаллического бифторидфторида аммония. Объём раствора при глинокислотной обработке выбирают из условия предупреждения разрушения пластовых пород. При первичной обработке используют от 0,3 до 0,4 м³ раствора на 1 м вскрытой перфорацией толщины пласта.

Продолжительность выдерживания кислотного раствора зависит от температуры пласта. При температурах до 30 °С – 2 часа, от 30 до 60 °С – от 1 до 1,5 часов. При

температурах свыше 60 °С время выдерживания кислотного раствора в пласте не регламентировано и зависит от времени полной нейтрализации (потери активности) кислоты.

Продукты реакции вызывают снижение проницаемости пород после КО, если они откладываются в поровом пространстве в виде геля либо твёрдой породы или взаимодействуют с пластовыми флюидами, образуя осадки или эмульсии.

Таким образом, во время реакции СКР образуются растворимые и временно растворимые продукты, поэтому технология обработки СКР должна быть такой, чтобы предупредить выпадение нерастворимых осадков.

Во время взаимодействия глинокислоты образуются:

- с кварцем – газоподобный SiF_4 , а после снижения кислотности – гель кремниевой кислоты $\text{Si}(\text{OH})_4$, который закупоривает поры;
- с алюмосиликатами (глинами) – газоподобный SiF_4 ;
- с кварцем и алюминием – параллельно с SiF_4 образуется гексафторокремниевая кислота H_2SiF_6 , соли которой Na_2SiF_6 выпадают в осадок.

Известно, что реакция ГКР с глинами проходит значительно быстрее, чем с кварцем, поэтому в песчаниках преимущественно растворяются глинисто-карбонатный цемент и частицы, загрязнившие пласт, а зёрна кварца (матрицы породы) – значительно меньше.

Часто вместо HF для получения ГКР применяют БФФА (бифторид-фторид аммония $\text{NH}_4\text{HF}_2 + \text{NH}_4\text{F}$). Например, для получения раствора (12 % HCl + 3 % HF) применяют смесь (16 % HCl + 3 % БФФА). Наличие в растворе иона NH_4^+ увеличивает растворимость продуктов реакции HF с силикатными породами, и поэтому для ГКР лучше использовать БФФА.

Для обработки песчаников применяют также смесь 20 %-ной H_2SiF_6 + 24 %-ной HCl в соотношении 1:1, которая растворяет песчаники и глины подобно глинокислоте.

Таким образом, во время реакций ГКР с силикатными породами образуются временно растворимые и нерастворимые продукты, способные закупоривать поровое пространство. Наиболее важно – не допустить закупоривания пласта продуктами реакции после ГКО.

Изменение проницаемости пород после фильтрации сквозь них кислотных растворов зависит от химического и минералогического составов, структуры порового пространства, режимов фильтрации и термобарических условий прохождения реакции. После обработки терригенных коллекторов проницаемость образцов пород возрастает в 2–7 раз.

Удаление продуктов реакции из призабойной зоны осуществляется путём возбуждения притока флюидов из пласта в скважину во время открытого переливания, если пластовое давление больше гидростатического, или путём дренирования с применением газоподобных агентов (азота, воздуха) или пенных систем, если пластовое давление меньше гидростатического. В случае если применить указанные способы невозможно, полезно вытеснить продукты реакции из призабойной зоны в глубину пласта путём закачивания 20–30 м³ водного раствора ПАВ, нефти, конденсата и т.п. Осаждение продуктов реакции в глубине пласта несущественно ухудшает результаты КО по сравнению со случаем, когда осаждение происходит в призабойной зоне. Однако КО с вытеснением продуктов реакции нежелательно многократно повторять в той же скважине.

Применение ГКО с целью увеличения приёмистости нагнетательных и продуктивности добывающих скважин следует рассматривать как метод, направленный на декольматацию призабойной зоны скважин, т.е. очистку порового пространства от техногенных продуктов, занесённых в призабойную зону в процессе вскрытия или эксплуатации скважин.

Таким образом, успешность проведения ГКО во многом зависит от состава цемента, скрепляющего зёрна пород-коллекторов и состава «засоряющих» веществ. Большое значение имеет наличие минералов и соединений элементов, которые в процессе реакции с глинокислотой могут образовать нерастворимый осадок. В обрабатываемой глинокислотой песчаной породе должно быть очень низкое содержание карбонатов, железистых соединений, в то время как большое содержание глин не является препятствием для успешности ГКО.

План обработки

1. Переезд на скважину бригады подземного ремонта.
 2. Монтаж подъёмника.
 3. Разборка устьевого арматуры.
 4. Подъём глубинно-насосного оборудования.
 5. Спуск НКТ в скважину до нижнего интервала перфорации 1891 м.
 6. Изоляция зумпфа.
 7. Ёмкость с раствором кислот или кислотник, автоцистерна, агрегат УНЦ 1-160×500 устанавливаются на территории скважины с соблюдением правил техники безопасности.
 8. Обвязка техники между собой и устьем скважины осуществляется согласно схеме.
 9. Производится опрессовка нагнетательных линий и устья скважины при закрытых задвижках на устье на полторакратное ожидаемое рабочее давление в процессе обработки.
 10. На нагнетательной линии от агрегата, закачивающего кислоту в скважину, устанавливается обратный клапан.
 11. Прокладывается выкидная линия от затрубья к ёмкости для сбора задавочной жидкости.
 12. Закачивается промывочная жидкость до устойчивого перелива из затрубного пространства.
 13. Закачивается глинокислотный раствор в скважину на произвольной скорости при открытом затрубном пространстве в объёме 5,6 м³.
 14. Закрыть задвижку на отводе затрубного пространства и продолжить закачку оставшегося кислотного раствора (2,4 м³) на уже сильно сниженной скорости.
 15. Задавить кислоту в пласт также при наименьшей скорости с целью более полного использования растворяющей способности кислоты в пределах намеченной планом зоны воздействия.
 16. Закрыть скважину и оставить на реакцию. Срок выдерживания кислоты зависит от температуры пласта и от активности применяемых мер защиты металла от кислотной коррозии и составляет от 2 до 12 часов.
 17. После выдерживания кислотного раствора продукты реакции вымываются на поверхность с помощью промывки или путём рассеивания продуктов реакции по пласту. Так, например, после проведения обработки нагнетательной скважины с целью увеличения приёмистости производят гидровоздействие с целью рассеивания продуктов реакции по пласту, добиваясь тем самым очищения призабойной зоны. Гидровоздействие производят агрегатом 4АН-700 в течение продолжительного времени (24–48 часов) путём закачки воды от водовода с добавлением ПАВ.
- Если производилась обработка пластов в нефтяной фонтанирующей скважине, то необходимо после реагирования произвести промывку призабойной зоны от продуктов реакции, в дальнейшем произвести освоение и вызов притока компрессированием. В случае если предполагается спуск насосных установок, продукты реакции необходимо рассеять по пласту раствором ПАВ или дегазированной нефтью с добавлением ПАВ в количестве 0,1–0,5 %.
18. Подъём промывочных труб.
 19. Спуск оборудования в скважину.
 20. Демонтаж ПВО.
 21. Монтаж устьевого арматуры.
 22. Пуск и вывод на режим.
 23. Демонтаж подъёмника У-50.
 24. Уборка территории.

Литература:

1. Сулейманов А.Б, Караптелов К.А., Яшин А.С. Практические расчёты при текущем и капитальном ремонте скважин. – М. : Издательство «Недра», 1984. – 224 с.

2. Особенности проведения методов интенсификации на Южно-Султангуловском месторождении. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/3c0b65635b3bc78a4d43b88521206c27_0.html
3. Булатов А.И., Савенок О.В. Заканчивание нефтяных и газовых скважин: теория и практика. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 539 с.
4. Булатов А.И., Савенок О.В. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 522 с.
5. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление в 2 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 1. – 348 с.
6. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление в 2 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 2. – 348 с.
7. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
8. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
9. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
10. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
11. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоения нафтових і газових свердловин. Наука і практика : монографія. – Львів : Сполом, 2018. – 476 с.
12. Яковлев А.Л., Чуйкин Е.П., Савенок О.В. Оценка полноты безопасности технологизации при проведении интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края // Научно-технический журнал «Нефть. Газ. Новации». – Самара : ООО «Редакция журнала «Нефть. Газ. Новации», 2016. – № 7/2016. – С. 35–40.
13. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Нарушения экологической безопасности при интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края // Научно-технический журнал «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе». – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 1. – С. 50–54.
14. Яковлев А.Л., Панцарников Д.С., Савенок О.В. Анализ методов воздействия на призабойную зону пласта в условиях Самотлорского месторождения // Научно-технический журнал «Нефть. Газ. Новации». – Самара : Издательский Дом «Нефть. Газ. Новации», 2017. – № 2/2017. – С. 36–51.
15. Яковлев А.Л., Самойлов А.С., Мустафа Фарид, Ибегбуле Сандра Озиомачукву. Мероприятия по интенсификации добычи нефти на Мишкинском нефтяном месторождении // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 1. – С. 111–127.
16. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В., Матвеева И.С. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин на Средне-Макарихинском месторождении : Булатовские чтения / материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах : сборник статей под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 30–38. – URL : <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-30-38.pdf>
17. Яковлев А.Л., Самойлов А.С., Барамбонье Соланж. Анализ химических методов увеличения продуктивности скважин в ОАО «ТНК - Нижневартовск» // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2017. – № 02. – URL : <http://vs.n.esrae.ru/pdf/2017/02/8.pdf>
18. Березовский Д.А., Самойлов А.С., Башардуст Мохаммад Дауд. Анализ работы скважин, осложнённых формированием асфальто-смоло-парафиновых отложений на примере Матросовского месторождения, и разработка рекомендаций по применению методов борьбы с АСПО // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 124–141.
19. Кошта Торкуату Родригеш Да, Очередько Т.Б., Яковлев А.Л. Анализ применения методов увеличения нефтеотдачи пластов на Янгурчинском месторождении // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 237–256.

20. Березовский Д.А., Яковлев А.Л., Самойлов А.С. Анализ применения солянокислотной обработки призабойных зон скважин Абдрахмановской площади Ромашкинского месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2017. – № 03. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2017/03/15.pdf>

21. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Матвеева И.С. Анализ эффективности подземного ремонта скважин на Советском нефтяном месторождении // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 4. – С. 125–140.

22. Башардуст Мохаммад Дауд, Очередько Т.Б. Анализ применения солянокислотной обработки призабойных зон скважин залежей 302–303 Ромашкинского месторождения // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 4. – С. 208–225.

23. Savenok O.V., Kusov G.V., Likhacheva O.N., Al Maari Majd. To the question about geological and environmental problems of exploration and operational drilling for oil and gas // International Educational Applied Scientific Research Journal (IEASRJ) Volume 2, Issue 11, Nov 2017, p. 6–11 e-ISSN 2456-5040. – URL : <http://ieasrj.com/journal/index.php/ieasrj/article/view/74/65>

References:

1. Suleymanov A. B, Karaptelov K.A., Yashin A. S. Practical calculations at routine maintenance and overhaul repairs of wells. – M. : Nedra publishing house, 1984. – 224 p.

2. Features of carrying out methods of an intensification on the Southern Sultangulovsky field. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/3c0b65635b3bc78a4d43b88521206c27_0.html

3. Bulatov A.I., Savenok O.V. Completion of oil and gas wells: theory and practice. – Krasnodar: LLC Prosveshcheniye-Yug, 2010. – 539 pages.

4. Bulatov A.I., Savenok O.V. Complications and accidents at construction oil and gas wells. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2010. – 522 p.

5. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asfalto-smolo-parafinovyе deposits and hydrate formations: prevention and removal in 2 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2011. – T. 1. – 348 p.

6. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asfalto-smolo-parafinovyе deposits and hydrate formations: prevention and removal in 2 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2011. – T. 2. – 348 p.

7. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repairs of oil and gas wells in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2012–2015. – T. 1–4.

8. Bulatov A.I., Savenok O.V. Praktikum on discipline «Completion oil and gas wells» in 4 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2013–2014. – T. 1–4.

9. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology at construction of oil and gas wells : manual for students of higher education institutions. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 603 p.

10. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 576 p.

11. A.I damask steels., Kachmar Yu.D., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Osvoennya naftovy i gazo-vy sverdlovin. Science i practice : monograph – L'viv : Spol, 2018. – 476 p.

12. Yakovlev A.L., Chuykin E.P., Savenok O.V. Otsenka of completeness of security of technologization when carrying out an intensification of oil production on fields of Krasnodar Krai // the Scientific and technical magazine «Oil. Gas. Innovations». – Samara : LLC Editorial Office of the Magazine Neft. Gaz. Novatsii, 2016. – No. 7/2016. – P. 35–40.

13. Yakovlev A.L., Savenok O.V. Violations of ecological safety at an oil production intensification on fields of Krasnodar Krai // the Scientific and technical magazine «Zashchita Okruzhayushchey Sredy V Neftegazovom Komplekse». – M. : VNIIOENG, 2017. – No. 1. – P. 50–54.

14. Yakovlev A.L., Pantsarnikov D.S., Savenok O.V. The analysis of methods of impact on a bottomhole zone of layer in the conditions of Samotlor field // the Scientific and technical magazine «Oil. Gas. Innovations». – Samara : Publishing house «Oil. Gas. Innovations», 2017. – No. 2/2017. – P. 36–51.

15. Yakovlev A.L., Samoylov A.S., Moustapha Fareed, Ibegbule Sandra Oziomachukvu. Actions for an oil production intensification on the Mishkinsky oil field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 1. – P. 111–127.

16. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V., Matveeva I.S. The analysis of carrying out salting-nokislotoy processings of wells on the Average and Makarikhinsky field : Bulatovsky readings / materials the I International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes : the collection of articles under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 2: Development of oil and gas fields. – P. 30–38. – URL : <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-30-38.pdf>

17. Yakovlev A.L., Samoylov A.S., Barambonie Solange. The analysis of chemical methods of increase in efficiency of wells in JSC Multinational Corporation – Nizhnevartovsk // the Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2017. – No. 02. – URL : <http://vs.n.esrae.ru/pdf/2017/02/8.pdf>

18. Berezovsky D.A., Samoylov A. S., Bashardust Mohammad Daud. The analysis of work of the wells complicated by formation of asfalto-smolo-paraffin deposits on the example of the Matrosovsky field and development of recommendations about application of methods of fight with the EXPERT POE // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 124–141.

19. Koshta Torkuatu Rodrigesh's Da, Ocheredko T.B., Yakovlev A.L. The analysis of application of methods of increase in oil recovery of layers on the Yangurchinsky field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 237–256.

20. Berezovsky D.A., Yakovlev A.L., Samoylov A.S. Analysis of application of solyanokis-lotny processing of bottomhole zones of wells of Abdrakhmanovskaya Square of the Romashkinsky field // Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2017. – No. 03. – URL : <http://vs.n.esrae.ru/pdf/2017/03/15.pdf>

21. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Matveeva I.S. The analysis of efficiency of underground repair of wells on Sovetsk the oil field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 4. – P. 125–140.

22. Bashardust Mohammad Daud, Ocheredko T.B. Analysis of application of solyanokislotny processing of bottomhole zones of wells of deposits 302–303 Romashkinsky of the field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 4. – P. 208–225.

23. Savenok O.V., Kusov G.V., Likhacheva O.N., Al Maari Majd. To the question about geological and environmental problems of exploration and operational drilling for oil and gas // International Educational Applied Scientific Research Journal (IEASRJ) Volume 2, Issue 11, Nov 2017, p. 6–11 e-ISSN 2456-5040. – URL : <http://ieasrj.com/journal/index.php/ieasrj/article/view/74/65>

УДК 622.276.72

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ
С АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ
В ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ, ОБОРУДОВАННЫХ
ШТАНГОВЫМИ СКВАЖИННЫМИ НАСОСНЫМИ УСТАНОВКАМИ,
НА СТЕПАНОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**MEASURES FOR THE SUPPRESSION
OF ASPHALT-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS
IN PRODUCTION WELLS, EQUIPPED WITH
SUCKER-ROD PUMPING UNITS ON THE STEPANOVSKOYE FIELD**

Березовский Денис Александрович
заместитель начальника цеха,
филиал ООО «Газпром добыча Краснодар»,
Каневское газопромысловое управление
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Кусов Геннадий Владимирович
аспирант,
Северо-Кавказский федеральный университет
de_france@mail.ru

Савенок Ольга Вадимовна
доктор технических наук,
профессор кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются мероприятия по борьбе с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями в добывающих скважинах, оборудованных штанговыми скважинными насосными установками. Многие глубинно-насосные установки, работающие в условиях Степановского месторождения, эксплуатируются в высокопарафинящихся скважинах, где в насосе и трубах откладывается парафин. На Степановском месторождении применяются различные методы депарафинизации скважин, но наиболее эффективным является химический метод предотвращения отложений парафина с применением ингибиторов. Часто химический метод применяют в сочетании с тепловыми и механическими методами.

Ключевые слова: асфальто-смоло-парафиновые отложения; общие сведения о методах борьбы с АСПО; характеристика используемого оборудования; техника и оборудование при паротепловой обработке; межочистной период на скважинах; анализ добычных возможностей скважин; анализ технологических режимов скважин.

Berezovskiy Denis Aleksandrovich
Deputy chief,
branch LLC «Gazprom mining Krasnodar»,
Kanevskoe gas field management
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Kusov Gennady Vladimirovich
Graduate student,
North-Caucasian Federal University
de_france@mail.ru

Savenok Olga Vadimovna
Doctor of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
olgasavenok@mail.ru

Annotation. The article deals with measures to combat asphalt-resin-paraffin deposits in production wells equipped with sucker-rod pumping units. Many deep-pumping units operating under the conditions of the Stepanovskoye field are operated in high-waxed wells, where paraffin is deposited in the pump and pipes. Stepanovskoye deposit uses different methods of dewaxing wells, but the most effective is the chemical method of preventing paraffin deposits with inhibitors. Often the chemical method is used in combination with thermal and mechanical methods.

Keywords: asphalt-resin-paraffin deposits; general information on methods of fighting with asphalt-resin-paraffin deposits; characteristic of the equipment used; machinery and equipment for steam-heat treatment; interclear period at wells; analysis of production capabilities of wells; analysis of technological modes of wells.

Степановское нефтяное месторождение относится к Дубовогорской разведочной площади. Оно было открыто в 1966 году, принадлежит к Куединской группе месторождений Чернушинского территориального нефтяного района. Промышленные запасы нефти установлены в турнейских, малиновских, яснополянских, башкирских и ве-

рейских отложениях и приурочены к пластам Т, Мл, Бб₂, Бб₁, Тл_{2б}, Тл_{2а}, Тл_{1в}, Бш, В₃В₄. Эксплуатацию месторождения ведёт ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЬ».

В январе 1966 года при бурении первой разведочной скважины № 2 были получены притоки нефти из тульского, малиновского и турнейского пластов. Поисково-разведочное бурение проводилось до 1968 года.

Разбуривание месторождения эксплуатационным фондом начато в 1981 году. В 1985 году месторождение введено в промышленную разработку.

В административном отношении Степановское месторождение расположено в северо-восточной части Куединского района Пермского края, в 165 км южнее краевого центра г. Перми.

Ближайшими нефтяными месторождениями являются Дубовогорское, находящееся в 7 километрах северо-западнее, и Красноярско-Куединское, расположенное в 16 км юго-западнее. На юго-востоке от Степановского месторождения расположена Чернушинская группа месторождений.

На месторождении принята групповая герметизированная схема сбора и транспорта нефти и газа. Продукция скважины под давлением штанговых насосов по выходным нефтепроводам подаётся на ГЗУ, откуда газонефтяная смесь поступает на существующую сепарационную установку (НГСП), где происходит первая ступень сепарации нефти и газа. Отсепарированная нефть по существующему нефтепроводу «Степановка – Куеда» транспортируется на Красноярско-Куединскую УКПН для подготовки и дальнейшего транспорта на головные сооружения НПС «Чернушка». Транспорт газа осуществляется по существующим газопроводам «Куеда – Чернушка» и «Чернушка – Пермь» на ПГПЗ.

Общие сведения о методах борьбы с АСПО

Наиболее часто АСПО образуются в скважинах имеющих дебиты менее 20 м³/сут. Причём среди осложнённых преобладают скважины, имеющие дебит по жидкости до 5 м³/сут.

К мерам по предотвращению образования АСПО в скважинном оборудовании относятся:

- подбор и установление режима откачки, обеспечивающего оптимальную степень дисперсности водонефтяного потока;
- применение скважинных насосов с увеличенным проходным сечением клапанов;
- применение НКТ с покрытием;
- установка скребков на штангах;
- увеличение производительности глубинных насосов, т.е. увеличение скорости подъёма жидкости.

Подбор режима откачки предусматривает такие условия, чтобы предотвратить отложения парафина. В ряде случаев эффективно увеличение глубины погружения насоса (увеличение глубины погружения насоса на 100 м увеличивает температуру на приёме насоса на 3–4 °С), однако при этом несколько увеличивается нагрузка на головку балансира за счёт дополнительного веса штанг.

Инженерно-технологическая служба цеха планирует и осуществляет мероприятия направленные на предотвращение и ликвидацию АСПО с учётом конкретных геолого-физических условий, свойств продукции скважины, состава АСПО, особенностей данной разработки месторождения, наличие тех или иных технических средств, химических реагентов и т.д. Интегральными критериями при выборе метода борьбы с АСПО являются экономические критерии, в частности, годовые затраты при использовании данного метода в расчёте на одну скважину. Несмотря на отмеченную необходимость индивидуального подхода к конкретным скважинам, все же некоторые обобщённые рекомендации, исходя из накопленного опыта, могут быть сделаны.

Все применяемые методы борьбы с АСПО могут быть сведены в следующие группы методов: механические, химические, физические, применение защитных покрытий.

Механические методы

Для категорий скважин, в которых зона отложений начинается выше насоса и состав АСПО преимущественно парафинового типа, наиболее дешёвым и технологически эффективным является применение механического метода борьбы с АСПО:

- магнитные аппараты;
- скребки-центраторы.

При применении механического метода борьбы с АСПО необходимо учитывать возможность проявления в определённых условиях некоторых негативных последствий, обусловленных увеличением напряжений в штангах, в частности, возможность роста частоты обрывов и отворотов штанг при длительной работе скважин, оборудованных скребками.

Для защиты глубинно-насосного оборудования от АСПО в малодебитных скважинах были опробованы сочетание лифтов с полуавтоматической установкой ПАДУ-3, обеспечивающей очистку лифта скребками.

Тепловые методы

Тепловые методы борьбы с АСПО – это периодическая обработка скважин:

- промывка горячей нефтью с применением специального агрегата АДП;
- очистка НКТ от парафина бригадой ТКРС перегретым паром от ППУ;
- промывка лифта скважины горячей водой с добавлением ПАВ.

Главным недостатком первого метода является малая зона прогрева вследствие потерь тепла в окружающую среду, что делает его не эффективным в качестве самостоятельного метода на поздней стадии разработки месторождения.

Физические методы

К группе физических относится также метод воздействия на продукцию скважины постоянным магнитным полем, создаваемым специальными устройствами – магнитными активаторами.

Если интенсивность отложения парафина невелика, то при каждом подземном ремонте поднимают трубы на поверхность и удаляют из них парафин пропариванием с помощью ППУ.

Химические методы

Наиболее распространённым методом в этой группе являются промывка скважин нефтестиллятной смесью, что связано с относительной простотой технологии проведения обработок и доступностью промывочного раствора, в качестве которого используется смесь обезвоженной нефти и дистиллята в различных соотношениях.

Характеристика используемого оборудования

Наиболее часто применяют для депарафинизации скважин метод промывки. При промывке горячей нефтью, горячей водой с моющими элементами и паром используются автоцистерны и промывочные агрегаты.

Доставка промывочного раствора на скважину осуществляется в автоцистернах: ЦР-7АП; АЦН-7,5-5334; АЦН-11-257; АЦ-15-5320/8350; АЦ-16П.

Техническая характеристика автоцистерн показана в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика автоцистерн показана

Автоцистерна	АЦН-11-257	АЦН-7,5-5334	ЦР-7АП
Транспортная база	КрА3-257Б1А	МА3-5334	КрА3-255
Грузоподъёмность, тонн	12	7,2	7,5
Наибольшая скорость передвижения с полной нагрузкой, км/ч	68	85	71
Тяговый двигатель – четырёхконтактный дизель	ЯМЗ-238	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238
Номинальная мощность (при $n = 2100 \text{ мин.}^{-1}$), кВт	176,5	132	176,5
Вместительность цистерны	11	7,5	7,5

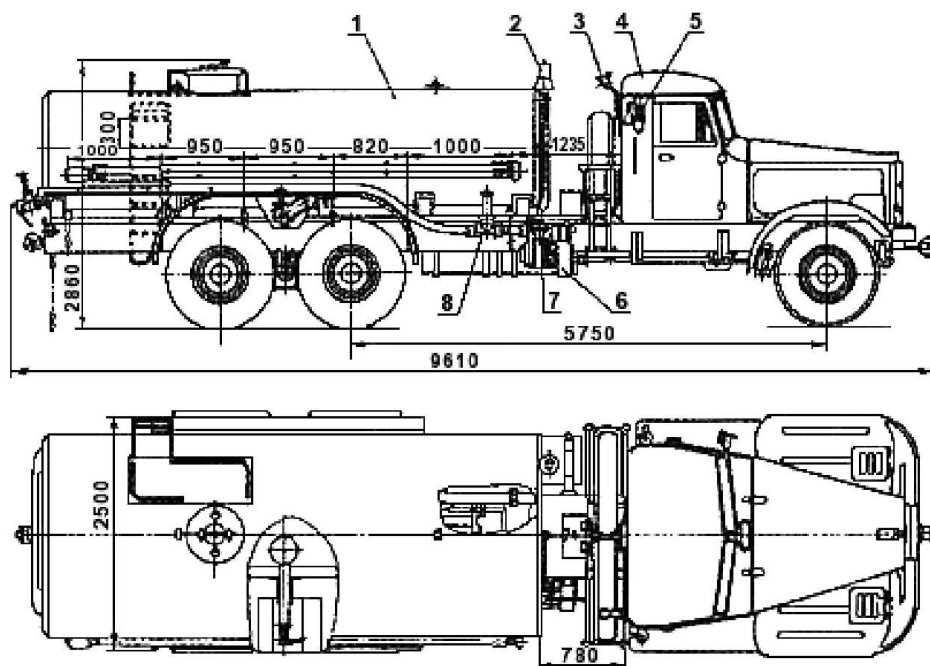


Рисунок 1 – Нефтепромысловая автоцистерна АЦН-11-257:

1 – цистерна; 2 – установка искрогасителя; 3 – установка фары и тахометра; 4 – автошасси КрАЗ-257131А; 5 – огнетушитель ОУ-2; 6 – насосный блок; 7 – система самовсасывания; 8 – манифольд

Для промывки скважин применяются самоходные насосные агрегаты: цементно-рочный агрегат ЦА-320М, насосные установки УН1-100×200, УН1Т-100×200. Все агрегаты имеют трубы высокого давления с цилиндрической резьбой для быстрой сборки и разборки нагнетательной линии.

Техническая характеристика ЦА-320М показана в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика

Монтажная база	КрАЗ-257
Силовая установка	
марка	5УС-70
тип двигателя	ГАЗ-51
Наибольшая мощность при частоте вращения вала двигателя 2800 мин. ⁻¹ , л.с.	70
Наибольшая подача насоса, л/с	9Т
Наибольшее давление, МПа	32
Водоподающий насос	1В
Наибольшая подача, л/с	13
Наибольшее давление, МПа	1,5
Объем мерной ёмкости, м ³	6,4
Диаметр проходного сечения коллектора, мм	
приёмного	100
нагнетательного	50
Вспомогательный трубопровод	
число труб	6
общая длина, м	22
Масса агрегата, кг	
без заправки	16970
заправленного	17500
Габаритные размеры, мм	10425×2650×3225

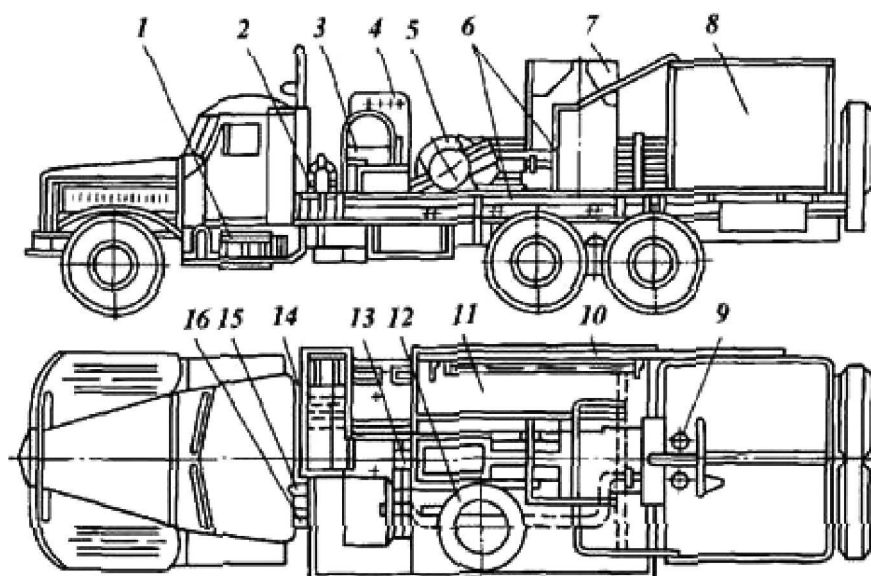


Рисунок 2 – Цементирующий агрегат ЦА-320М:

- 1 – шасси автомобиля; 2 – коробка отбора мощности; 3 – насос ЦНС38; 4 – двигатель ГАЗ-51А;
 5 – двухцилиндровый цементирующий насос 9Т; 6 – манифольд агрегата; 7 – защитный кожух насоса;
 8 – мерный бак; 9 – донные клапаны; 10 – гибкий металлический шланг; 11 – платформа агрегата;
 12 – цементомешалки; 13 – карданный вал; 14 – шарнирные колена; 15 – фара и электрооборудование;
 16 – выхлопная труба

Техника и оборудование при паротепловой обработке

Установка ППУА-1200/100

Установка ППУА-1200/100 (рис. 3) предназначена для депарафинизации скважин, промысловых и магистральных нефтепроводов, замороженных участков наземных коммуникаций в условиях умеренного климата. Можно использовать также при монтаже и демонтаже буровых установок и при прочих работах для отогрева оборудования.



Рисунок 3 – Установка ППУА-1200/100

Включает в себя парогенератор, водяную, топливную и воздушную системы, привод с трансмиссией, кузов, электрооборудование и вспомогательные узлы. Оборудование установки смонтировано на раме, закреплённой на шасси автомобиля высокой проходимости КраЗ-255Б или КраЗ-257, и накрыто металлической кабиной для предохранения от атмосферных осадков и пыли.

Агрегаты АДПМ

Агрегаты АДПМ (рис. 4) предназначены для депарафинизации скважин горячей нефтью. Агрегат смонтирован на шасси автомобиля КраЗ 255Б1А, включает в себя нагреватель нефти, нагнетательный насос, системы топливо- и воздухоподачи к нагревателю, систему автоматики и КИП, технологические и вспомогательные трубопроводы.

Привод механизмов агрегата – от двигателя автомобиля, где размещены основные контрольно-измерительные приборы и элементы управления.



Рисунок 4 – Агрегат АДПМ 12/150

Нефть, подвозимая в автоцистернах, закачивается насосом агрегата и прокачивается под давлением через нагреватель нефти, в котором она нагревается до необходимой температуры. Горячая нефть подаётся в скважину, где расплавляет отложения парафина и выносит их в промышленную систему сбора нефти.

ПАДУ-3М

Полуавтоматическая депарафинизирующая установка типа ПАДУ-3М (рис. 5) предназначена для механической очистки от парафина внутренней полости лифтовых труб фонтанных, компрессорных и оборудованных электрическими погружными насосами нефтедобывающих скважин.



Рисунок 5 – ПАДУ-3М

Очистка лифтовых труб от парафина производится скребком, закреплённым на проволоке. Движение скребка вниз осуществляется под действием силы тяжести скребка и груза. Для облегчения движения скребка при спуске сальник ослабляется, а скребок, двигаясь, уменьшается в поперечном сечении. Подъём скребка осуществляется за счёт тягового усилия лебёдки.

Установка ПАДУ-3М работает в полуавтоматическом режиме, для чего предусмотрено тормозное устройство. Подъём скребка производится автоматически с помощью электродвигателя. Результаты спускоподъёмных операций скребка заносятся в вахтовый журнал и передаются диспетчеру промысла.

Техническая характеристика ПАДУ-3М приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Техническая характеристика ПАДУ-3М

Максимальная глубина очистки	1500
Число скребков	1
Усилие срабатывания предохранительного устройства, кг	80
Мотор-редуктор	МЧ-80
Электродвигатель N , кВт	1,1
n , об./мин.	1000
Скорость подъёма скребка, м/сек	0,32–0,45
Скорость спуска скребка, м/сек	0,5–2
Электропитание	
род тока	переменный, трёхфазный
напряжение, В	380
частота, Гц	50

Скребки-центраторы

Скребки-центраторы (рис. 6) обеспечивают очистку насосно-компрессорных труб и штанг от парафина. Скребки различных конструкций изготавливаются из полимерных материалов. Скребки-центраторы жёстко фиксируются на теле штанги, а между ними располагаются подвижные скребки. Подвижные скребки обеспечивают удаление АСПО с тела штанги, а неподвижные – с внутренней поверхности НКТ.



Рисунок 6 – Скребки-центраторы

Скребок-центратор имеет двойное назначение. Он выполняет функции скребка и предохраняет от износа систему «труба – штанга – муфта».

При применении скребков-центраторов вместе со штанговращателем достигается предотвращение парафинизации и защита от износа насосных штанг, муфт, НКТ. Косые пазы, выполненные по периметру рабочей поверхности скребка, обеспечивают достаточный проток жидкости.

Очистка поверхностей НКТ происходит при возвратно-поступательном и вращательном движении скребка. При этом происходит соскабливание парафина со стенок труб в процессе работы скважины.

Срок службы скребка по паспорту 5–7 лет. Результаты показывают, что применение скребков-центраторов весьма эффективно. Об этом свидетельствуют увеличение дебита, увеличение коэффициента эксплуатации оборудования, увеличение межремонтного периода.

Штанги с направленными скребками применяют в сочетании со штанговращателем ШВЛ-10 механического действия.

Штанговращатели ШВЛ-10 (рис. 7) обеспечивают медленное поворачивание колонны, штанг и плунжера (на заворот) при возвратно-поступательном движении штока. Штанговращатели применяют при эксплуатации искривленных скважин для предот-

вращения одностороннего истирания штанг, муфт и плунжера насоса, для предотвращения отворотов штанговых колонн, а также в случаях применения на колонне штанг скребков для очистки колонны НКТ от отложений парафина.



Рисунок 7 – Штанговращатель

Действие штанговращателя осуществляется за счёт возвратно-поступательного движения канатной подвески при соединении рычага штанговращателя канатом (диаметром 6–8 мм) с рамой станка-качалки. Для надёжной работы ШВЛ-10 необходимо при монтаже обеспечить такое натяжение каната, соединяющего рычаг штанговращателя с рамой станка-качалки, при котором за один ход устьевого штока соединённый с концом рычага, натягивается и перемещает вверх храповое колесо штанговращателя на один зуб. При движении вниз он ослабляется, а канат натягивается и возвращается в первоначальное положение. Рычаг соединяется канатом диаметром 6–9 мм с рамой станка-качалки.

Установка дозированной подачи химреагента (УДПХ)

Установка УДПХ (рис. 8) предназначена для автоматизированного дозированного ввода химреагентов в трубопроводы промышленных систем сбора, транспорта и подготовки нефти, в трубопроводы системы поддержания пластового давления, в нагнетательные и добывающие скважины с целью защиты трубопроводов и нефтепромыслового оборудования от коррозии и предотвращения отложений солей и парафина, деэмульгирования водонефтяной смеси.



Рисунок 8 – Установка блочной (непрерывной) подачи реагента

Дозатор реагента глубинный ДРГ

Дозатор реагента глубинный типа ДРГ (рис. 9) предназначен для дозировки различных ингибиторов с плотностью менее 1 г/см^3 в добываемую нефть на забое нефтяных скважин для растворения парафино-смолистых веществ с целью предотвращения отложения их на внутренних поверхностях эксплуатационных труб (НКТ) и повышения КПД погружных насосов.

Принцип работы дозатора основан на вытеснении реагента из контейнера пластовой жидкостью под действием гидростатического давления через инжекторы. Дозировка реагента регулируется путем замены инжекторов с отверстиями различного диаметра в пределах диаметра от 0,3 до 3 мм.

Дозатор реагента глубинный типа ДРГ устанавливается между контейнером реагента и глубинным насосом (ШГН).

Дозатор позволяет экономно расходовать дорогостоящие реагенты. Реагент дозируется только при работе насоса. При каждом подъеме насоса (при ПРС) контейнер дополняется реагентом.



Рисунок 9 – Дозатор реагента глубинный ДРГ-1

Автоматизированный саморегулируемый линейный нагреватель АСЛН-1

АСЛН-1 (рис. 10) предназначен для поддержания температуры потока жидкости по стволу нефтедобывающих скважин в заданных пределах с целью предотвращения образования АСПО на внутренних стенках НКТ. АСЛН-1 конструктивно состоит из нагревательной и электронной частей.



Рисунок 10 – АСЛН-1

Нагревательная часть представляет собой греющий кабель с оконцовочным устройством. Тип кабеля, сечение и материал токопроводящих жил определяются после теплового расчёта и зависят, в первую очередь, от режима нефтедобычи, степени вязкости добываемого флюида, интервала и интенсивности отложений АСПО.

Магнитный скважинный активатор

Аппараты магнитной обработки предотвращают образование парафина и коррозию в трубопроводе нефтяной скважины или линиях перекачки.

Скважинный магнитный активатор показан на рисунке 11.

Магнитный активатор изменяет химические, механические и электрические свойства сырья, поскольку оно подвергается воздействию циклических магнитных полей. Эти изменения приводят к изменению температуры кристаллизации парафинов, изменяют кинетику процесса кристаллизации. Аппарат уменьшает или устраняет механическое сцепление вязких парафинов друг с другом, сохраняя эти парафины растворёнными.



Рисунок 11 – Скважинный магнитный аппарат МАС-2.5

Физические свойства сырой нефти значительно изменяются аппаратом магнитной обработки.

Удаляет парафиновые отложения и решает проблемы коррозии. Улучшает производительность скважины, исключая затраты на контроль парафинов и время простоя.

Анализ проводимых мероприятий борьбы с АСПО на Степановском месторождении

Греющий кабель установлен на скважинах №№ 171, 106, 102, 146.

Межочистной период на скважинах №№ 171, 106, 102, 146 до и после внедрения греющего кабеля приведён на рисунке 12.

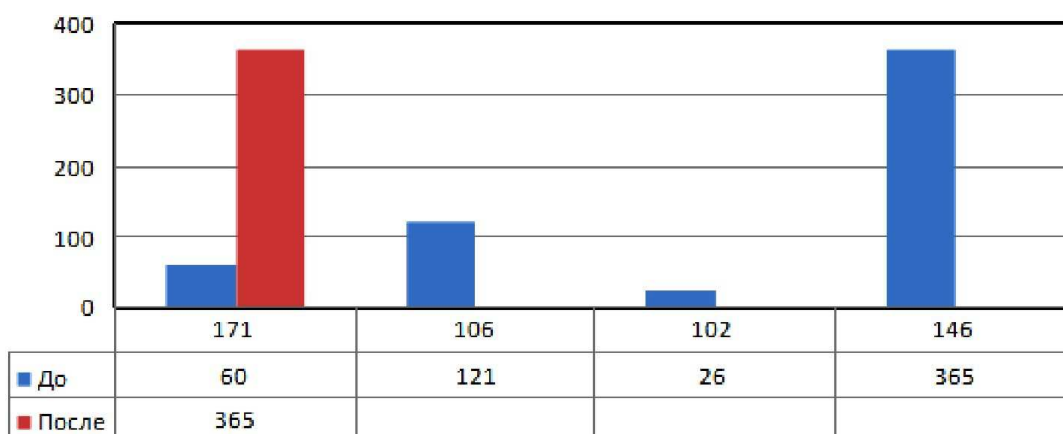


Рисунок 12 – Межочистной период на скважинах №№ 171, 106, 102, 146 до и после внедрения греющего кабеля

Из диаграммы видно, что на скважине № 171 межочистной период увеличился на 305 дней, а на скважинах №№ 106, 102 и 146 промывки вообще даже не понадобились.

Магнитные активаторы введены на скважинах №№ 102, 401 и 113.

Штанговые скребки введены на скважинах №№ 124, 147 и 300.

УБПР в затрубье установлено на скважинах № 110, 109, 104, 154, 118, 106 и 115.

Межочистной период на скважинах №№ 109, 107, 104, 154, 118 до и после внедрения УБПР в затрубье показан на рисунке 13.

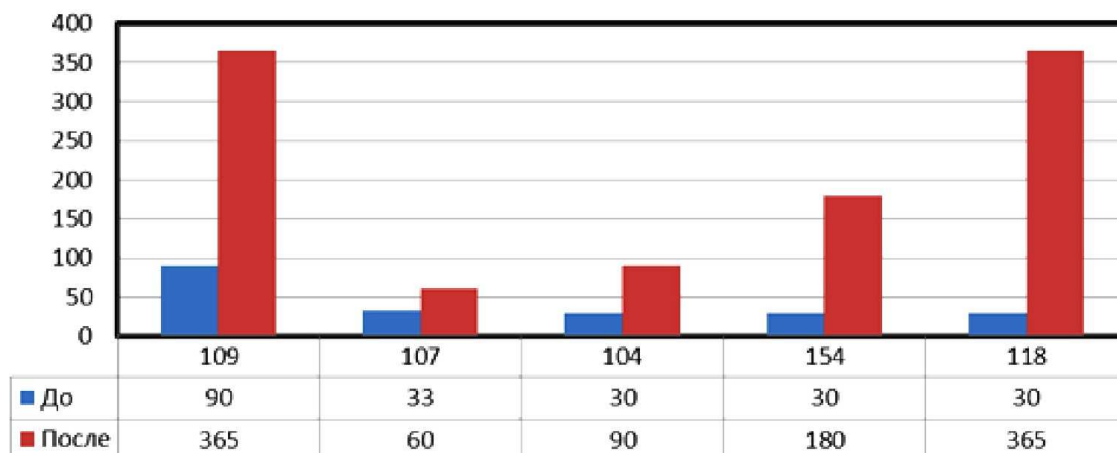


Рисунок 13 – Межочистной период на скважинах №№ 109, 107, 104, 154, 118 до и после внедрения УБПР в затрубье

Из диаграммы видно, что УБПР в затрубье существенно влияет на количество промывок в году и тем самым снижает затраты на эксплуатацию данных скважин.

УБПР на приём насоса установлено на скважинах №№ 107, 104, 111, 154, 118 и 145.

Глубинные дозаторы (ДРГ) установлены на скважинах №№ 2 и 300.

Анализ добычных возможностей скважин и технологических режимов

Анализ добычных возможностей скважин

1. Определение коэффициента продуктивности скважин из уравнения притока

$$K_{пр} = \frac{Q_{факт}}{P_{пл} - P_{заб}}, (м^3/сут. \cdot МПа), \quad (1)$$

где $Q_{факт}$ – фактический дебит, м³/сут.; $P_{пл}$ – пластовое давление, МПа; $P_{заб}$ – забойное давление, МПа.

Таблица 4 – Данные для расчётов

№ скважины	$Q_{факт}$	$P_{пл}$	$P_{заб}$
102	6,70	6,48	5,46
111	11,00	8,65	5,36
112	8,00	14,87	5,69
113	0,80	12,01	4,41
122	5,30	11,13	7,57
132	8,00	14,88	5,16
200	6,00	11,50	7,40
101	3,60	8,08	4,60
107	4,00	9,44	6,08
108	1,10	8,63	3,10
133	6,90	9,62	5,55
136	4,70	10,83	6,71
147	0,20	8,65	3,88
148	10,00	10,16	5,20
171	2,90	11,55	4,51

2. Определение максимально допустимого забойного давления из условия:

$$P_{\text{мах доп.}} = 0,75 \cdot P_{\text{нас}}, \text{ МПа (если } \eta_{\text{е}} > 50 \text{ \%);} \quad (2)$$

$$P_{\text{мах доп.}} = 0,30 \cdot P_{\text{нас}}, \text{ МПа (если } \eta_{\text{е}} < 50 \text{ \%),} \quad (3)$$

где $P_{\text{нас}}$ – давление насыщения, МПа; $\eta_{\text{е}}$ – обводнённость продукции, %.

Таблица 5 – Данные для расчётов

№ скважины	$P_{\text{нас}}$	$\eta_{\text{е}}$
102	8,1	25,6
111	8,1	14,2
112	8,1	51,0
113	8,1	13,0
122	8,1	65,4
132	8,1	60,0
200	8,1	82,0
101	8,0	8,0
107	8,0	62,2
108	8,0	6,0
133	8,0	15,0
136	8,0	42,9
147	8,0	6,0
148	8,0	9,0
171	8,0	90,0

3. Определение максимально допустимого дебита скважин:

$$Q_{\text{мах доп.}} = K_{\text{пр}} \cdot (P_{\text{пл}} - P_{\text{мах доп.}}), \text{ (м}^3\text{/МПа} \cdot \text{сут.).} \quad (4)$$

Таблица 6 – Данные для расчётов

№ скважины	$P_{\text{пл}}$	$K_{\text{пр}}$	$P_{\text{мах доп.}}$
102	6,48	6,56	2,43
111	8,65	3,43	2,43
112	14,87	0,87	6,07
113	12,01	0,10	2,43
122	11,13	1,48	6,07
132	14,88	0,82	6,07
200	11,50	1,46	6,07
101	8,08	1,03	2,40
107	9,44	1,19	6,00
108	8,63	0,19	2,40
133	9,62	1,69	2,40
136	10,83	1,14	2,40
147	8,65	0,04	2,40
148	10,16	2,02	2,40
171	11,55	0,41	6,00

4. Определение разности дебитов:

$$Q = Q_{\text{тах доп.}} - Q_{\text{факт}}, (\text{м}^3/\text{МПа} \cdot \text{сут.}). \quad (5)$$

Таблица 7 – Данные для расчётов

№ скважины	$Q_{\text{факт}}$	$Q_{\text{тах доп.}}$
102	6,70	26,56
111	11,00	21,33
112	8,00	7,65
113	0,80	0,95
122	5,30	7,48
132	8,00	7,22
200	6,00	7,92
101	3,60	5,85
107	4,00	4,09
108	1,10	1,18
133	6,90	12,20
136	4,70	9,61
147	0,20	0,26
148	10,00	15,64
171	2,90	2,29

Таблица 8 – Анализ добычных возможностей скважин

№ скважины	K , $\text{м}^3/\text{МПа} \cdot \text{сут.}$	$P_{\text{тах доп.}}$, МПа	$Q_{\text{тах доп.}}$, $\text{м}^3/\text{МПа} \cdot \text{сут.}$	Q , $\text{м}^3/\text{МПа} \cdot \text{сут.}$
102	6,56	2,43	26,56	19,86
111	3,43	2,43	21,33	10,33
112	0,87	6,07	7,65	-0,35
113	0,10	2,43	0,95	0,15
122	1,48	6,07	7,48	2,18
132	0,82	6,07	7,22	-0,78
200	1,46	6,07	7,92	1,92
101	1,03	2,40	5,85	2,29
107	1,19	6,00	4,09	0,90
108	0,19	2,40	1,18	0,08
133	1,69	2,40	12,20	5,30
136	1,14	2,40	9,61	4,91
147	0,04	2,40	0,26	0,06
148	2,02	2,40	15,64	5,65
171	0,41	6,00	2,29	-0,61

Из таблицы 8 по разности между максимально допустимым и фактическим дебитом видно, что значительных отрицательных отклонений нет, т.е. все скважины работают в оптимальном режиме.

Коэффициент продуктивности на скважинах №№ 112, 113, 132, 108, 147 и 171 меньше единицы, что говорит о возможном загрязнении призабойной зоны пласта, которое может быть после подземных ремонтов и при глушении скважин минерализованной водой.

Анализ технологических режимов скважин

1. Определение газового фактора:

$$G = \frac{0,176 \cdot 10^3}{(1 - \pi_e) \cdot \rho_H}, \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}, \quad (6)$$

где π_e – обводнённость скважины, %; ρ_H – плотность нефти, кг/м³.

Таблица 9 – Данные для расчёта

№ скважины	ρ_H	π_e
102	920	25,6
111	920	14,2
112	920	51,0
113	920	13,0
122	920	65,4
132	920	60,0
200	920	82,0
101	920	8,0
107	920	62,2
108	920	6,0
133	920	15,0
136	920	42,9
147	920	6,0
148	920	9,0
171	920	90,0

2. Относительная плотность газа по воздуху:

$$\Delta = \frac{\rho_g}{\rho_{\text{возд}}}, \quad (7)$$

где ρ_g – плотность газа; $\rho_{\text{возд}}$ – плотность воздуха.

Таблица 10 – Данные для расчёта

№ скважины	ρ_g	$\rho_{\text{возд}}$
102	1,291	1,148
111	1,291	1,148
112	1,291	1,148
113	1,291	1,148
122	1,291	1,148
132	1,291	1,148
200	1,291	1,148
101	1,291	1,148
107	1,291	1,148
108	1,291	1,148
133	1,291	1,148
136	1,291	1,148
147	1,291	1,148
148	1,291	1,148
171	1,291	1,148

3. Определение коэффициента газосодержания:

$$G_0 = G \cdot \Delta, \text{ (м}^3/\text{м}^3\text{)}. \quad (8)$$

Таблица 11 – Данные для расчёта

№ скважины	G	Δ
102	0,25	1,2
111	0,22	1,2
112	0,39	1,2
113	0,22	1,2
122	0,54	1,2
132	0,47	1,2
200	1,06	1,2
101	0,20	1,2
107	0,50	1,2
108	0,20	1,2
133	0,23	1,2
136	0,33	1,2
147	0,20	1,2
148	1,91	1,2
171	0,21	1,2

4. Определение плотности газожидкостной смеси:

- если $\pi_e > 80$ %:

$$\rho_{ж} = \rho_n \cdot (1 - \pi_e) + \rho_e \cdot \pi_e, \text{ (кг/м}^3\text{)}; \quad (9)$$

- если $\pi_e < 80$ %:

$$\rho_{ж} = \rho_n + \rho_g \cdot G_0 + \frac{\rho_e \cdot \left(\frac{\pi_e}{1 - \pi_e} \right)}{B} + \left(\frac{\pi_e}{1 - \pi_e} \right), \text{ (кг/м}^3\text{)}, \quad (10)$$

где ρ_e – плотность воды, кг/м³; ρ_n – плотность нефти, кг/м³; π_e – процент воды в добываемой продукции; ρ_g – плотность газа, кг/м³; G_0 – газосодержание; B – коэффициент пропорциональности ($B = 1,056$).

Таблица 12 – Данные для расчёта

№ скважины	ρ_g	ρ_e	π_e	G_0
102	1,291	1000	25,6	0,30
111	1,291	1000	14,2	0,26
112	1,291	1000	51,0	0,48
113	1,291	1000	13,0	0,26
122	1,291	1000	65,4	0,64
132	1,291	1000	60,0	0,56
200	1,291	1000	82,0	0,27
101	1,291	1000	8,0	0,24
107	1,291	1000	62,2	0,60
108	1,291	1000	6,0	0,24
133	1,291	1000	15,0	0,27
136	1,291	1000	42,9	0,39
147	1,291	1000	6,0	0,24
148	1,291	1000	9,0	0,25
171	1,291	1000	90,0	0,29

5. Определение приведённого давления:

$$P_{пр} = \frac{P_{пл}}{P_{ср.кр}}, \text{ (МПа)}, \quad (11)$$

где $P_{пл}$ – пластовое давление, МПа; $P_{ср.кр}$ – среднее критическое давление ($P_{ср.кр} \approx 2,56$ МПа).

Таблица 13 – Данные для расчётов

№ скважины	$P_{пл}$
102	6,48
111	8,65
112	14,87
113	12,01
122	11,13
132	14,88
200	11,50
101	8,08
107	9,44
108	8,63
133	9,62
136	10,83
147	8,65
148	10,16
171	11,55

6. Определение оптимальной глубины погружения насоса под динамический уровень:

$$H_{опт} = \frac{(P_{пр} - P_{затр}) \cdot 10^6}{\rho_{ж} \cdot g} \text{ (м)}, \quad (12)$$

где $P_{затр}$ – затрубное давление, МПа; g – коэффициент ускорения свободного падения ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$).

Таблица 14 – Данные для расчётов

№ скважины	$\rho_{ж}$	$P_{пр}$	$P_{затр}$
102	1123,0	2,53	1,29
111	1243,0	3,37	0,75
112	1139,0	5,80	0,88
113	1245,5	4,69	0,57
122	1100,1	4,34	0,84
132	1114,0	5,81	0,34
200	985,6	4,49	0,62
101	1142,1	3,15	0,76
107	1098,0	3,68	1,44
108	1242,8	3,37	0,54
133	1222,9	3,75	1,50
136	1151,3	4,23	0,04
147	1168,2	3,37	0,20
148	1642,5	3,96	0,40
171	992,0	4,51	0,60

7. Определение фактической глубины спуска насоса под динамический уровень:

$$h_{\text{факт}} = L - H_{\text{дин}} \text{ (м)}, \quad (13)$$

где L – глубина спуска насоса, м; $H_{\text{дин}}$ – высота динамического уровня, м.

Таблица 15 – Данные для расчётов

№ скважины	L	$H_{\text{дин}}$
102	1276,0	1143,0
111	1275,0	1068,0
112	1300,0	1183,0
113	1363,0	1219,0
122	1314,5	839,0
132	1310,9	1106,0
200	1390,0	822,0
101	1303,0	1137,0
107	1399,0	1153,0
108	1442,0	1268,0
133	1435,0	1189,0
136	1252,0	809,0
147	1445,2	1155,0
148	1292,0	1028,0
171	1452,1	1134,0

8. Определение разности между оптимальной и фактической глубиной погружения насоса:

$$h = H_{\text{опт}} - h_{\text{факт}}, \text{ (м)}. \quad (14)$$

Таблица 16 – Данные для расчётов

№ скважины	$H_{\text{опт}}$	$h_{\text{факт}}$
102	112,6	133,0
111	214,0	205,0
112	440,0	117,0
113	337,2	144,0
122	324,3	475,5
132	500,5	204,9
200	400,3	568,0
101	219,3	166,0
107	207,0	246,0
108	232,1	174,0
133	187,5	264,0
136	370,0	443,0
147	276,6	290,0
148	220,9	264,0
171	401,8	318,1

9. Определение коэффициента подачи насоса:

$$k = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{теор}}}, \quad (15)$$

где $Q_{\text{факт}}$ – фактическая подача, м³/сут.; $Q_{\text{теор}}$ – теоретическая подача, м³/сут.

Таблица 17 – Данные для расчётов

№ скважины	$Q_{\text{факт}}$	$Q_{\text{теор}}$
102	6,7	14,8
111	11,0	24,6
112	8,0	24,6
113	0,8	6,0
122	5,3	7,8
132	8,0	38,7
200	6,0	19,7
101	3,6	13,9
107	4,0	12,4
108	1,1	9,3
133	6,9	14,8
136	4,7	7,7
147	0,2	1,4
148	10,0	13,9
171	2,9	6,6

Таблица 18 – Анализ технологических режимов скважин

№ скважины	$G, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$G_0, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$\rho_{\text{ж}}, \text{ кг}/\text{м}^3$	$P_{\text{пр}}, \text{ МПа}$	$H_{\text{опт}}, \text{ м}$	$H_{\text{факт}}, \text{ м}$	Н, м	η
102	0,25	0,30	1123,0	2,53	112,55	133,0	-20,45	0,45
111	0,22	0,26	1243,0	3,37	214,00	205,0	9	0,44
112	0,39	0,48	1139,0	5,80	440,00	117,0	323	0,32
113	0,22	0,26	1245,5	4,69	337,19	144,0	193,2	0,13
122	0,54	0,64	1100,1	4,34	324,34	475,5	-151,1	0,67
132	0,47	0,56	1114,0	5,81	500,50	204,9	295,6	0,20
200	1,06	0,27	985,6	4,49	400,25	568,0	-167,8	0,30
101	0,20	0,24	1142,1	3,15	219,31	166,0	53,3	0,28
107	0,50	0,60	1098,0	3,68	207,00	246,0	-39	0,32
108	0,20	0,24	1242,9	3,37	232,12	174,0	58,1	0,11
133	0,23	0,27	1222,9	3,75	187,50	264,0	-76,5	0,46
136	0,33	0,39	1151,3	4,23	370,00	443,0	-73,0	0,61
147	0,20	0,24	1168,2	3,37	276,60	290,0	-13,4	0,14
148	1,91	0,25	1642,5	3,96	220,90	264,0	-43,1	0,71
171	0,21	0,29	992,0	4,51	401,78	318,1	83,68	0,43

Выводы

Проведя анализ технологических режимов 15 скважин, обнаружилось, что:

1) если разница между фактическим и оптимальным уровнями имеет отрицательные значения, то это говорит о необходимости оптимизации режимов работы скважин с уменьшением отбора жидкости;

2) если разница между фактическим и оптимальным уровнями не имеет отрицательных значений, то это говорит об оптимальном режиме работы скважин (зависит от параметров работы скважины).

Если проанализировать коэффициент подачи насоса у 5 скважин (№№ 113, 132, 101, 108 и 147), то он оказывается низким. Работа данной установки считается удовлетворительной, если установка работает с коэффициентом подачи не менее 0,6.

Снижение коэффициента подачи насоса может происходить вследствие утечек жидкости в колонне подъёмных труб. Причиной этих утечек является плохое свинчивание муфтовых соединений труб, загрязнение резьбы, дефекты в резьбе, трещины в стенках труб. Поэтому при спуске НКТ в скважину следует внимательно следить за качеством их свинчивания, состоянием резьбы и наружной поверхности.

Литература:

1. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Шостак Н.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 203 с.
2. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление в 2 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 1. – 348 с.
3. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление в 2 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2011. – Т. 2. – 348 с.
4. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение - Юг», 2011. – 603 с.
5. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012-2015. – Т. 1–4.
6. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
7. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
8. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоєння нафтових і газових свердловин. Наука і практика : монографія. – Львів : Сполом, 2018. – 476 с.
9. Бухаленко Е.И. Справочник по нефтепромысловому оборудованию. – М. : Издательство Недр, 1983. – 399 с.
10. Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений. – М. : ВНИИОЭНГ, 1995. – 496 с.
11. Добыча нефти : Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений / Р.С. Андриасов, И.Т. Мищенко, А.И. Петров и др.; под общ. ред. Ш.К. Гиматудинова. – М. : Издательство Недр, 1983. – 455 с.
12. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений : учебник для вузов. – М. : ОАО Издательство Недр, 1998. – 365 с.
13. Савенок О.В. Оптимизация функционирования эксплуатационной техники для повышения эффективности нефтепромысловых систем с осложнёнными условиями добычи. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013. – 336 с.
14. Мероприятия по борьбе с АСПО в добывающих скважинах оборудованных ШСНУ на Степановском месторождении. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65635a2ac78a4c43b88521316c26_0.html
15. Савенок О.В., Кусов Г.В., Шостак Н.А. Анализ эффективности применения методов борьбы с АСПО на фонде скважин ООО «РН - Краснодарнефтегаз» : Современные технологии капитального ремонта скважин и повышения нефтеотдачи и пластов. Перспективы развития / Сборник докладов 5-й Международной научно-практической конференции. Геленджик, Краснодарский край, 2010 / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2010. – С. 279–282.
16. Антониади Д.Г., Шостак Н.А., Савенок О.В., Пономарёв Д.М. Анализ существующих методов борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями (АСПО) при добыче нефти // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – М. : ВНИИОЭНГ, 2011. – № 9. – С. 32–37.

17. Шахмеликьян М.Г., Хайдара Мохаммед Брехима, Ганга Иванов Адриану Табита. Анализ эффективности паротеплового воздействия на II пласт II блока месторождения Катангли : Булатовские чтения / материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах : сборник статей под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 313–322. – URL : <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-313-322.pdf>

18. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Шахмеликьян М.Г., Кумбе Эдсон Леонел Виторину. Анализ технологий теплового воздействия на пласты высоковязких нефтей месторождения Узень // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 100–123.

19. Березовский Д.А., Самойлов А.С., Башардуст Мохаммад Дауд. Анализ работы скважин, осложнённых формированием асфальто-смоло-парафиновых отложений на примере Матросовского месторождения, и разработка рекомендаций по применению методов борьбы с АС-ПО // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 124–141.

20. Шахмеликьян М.Г., Матвеева И.С. Анализ эффективности технологии термополимерного воздействия на пласт на месторождениях с высоковязкими нефтями на примере Мишкинского нефтяного месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2018. – № 01. – URL : <http://vsn-isp.ru/pdf/2018/01/19.pdf>

21. Нвизуг-Би Лейи Ключверт. Анализ методов разработки месторождений высоковязких нефтей и природных битумов // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – № 1. – С. 168–188.

22. Булатов А.И., Кусов Г.В., Савенок О.В. Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление // Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620192. Заявка № 2012621424. Дата поступления 13 декабря 2012 г. Зарегистрировано в Реестре баз данных 9 января 2013 г.

References:

1. Antoniadis D.G., Savenok O.V., Shostak N.A. Theoretical bases of development of oil and gas fields : manual. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 203 p.

2. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asfalto-smolo-parafinovyе deposits and hydrate formations: prevention and removal in 2 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2011. – Т. 1. – 348 p.

3. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asfalto-smolo-parafinovyе deposits and hydrate formations: prevention and removal in 2 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2011. – Т. 2. – 348 p.

4. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology at construction of oil and gas wells : manual for students of higher education institutions. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 603 p.

5. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repairs of oil and gas wells in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2012–2015. – Т. 1–4.

6. Bulatov A.I., Savenok O.V. Praktikum on discipline «Completion oil and gas wells» in 4 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2013–2014. – Т. 1–4.

7. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 576 p.

8. Bulatov A.I., Kachmar Yu.D., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Osvoennya naftovy i gazovy sverdlovin. Science i practice : monograph. – L'viv : Spol, 2018. – 476 p.

9. Bukhalenko E.I. Reference book on the oil-field equipment. – M. : Publishing house Subsoil, 1983. – 399 p.

10. Gavura V.E. Geology and development of oil and gas-oil fields. – M. : VNIIOENG, 1995. – 496 p.

11. Oil production : The reference guide on design of development and operation of oil fields / R.S. Andriasov, I.T. Mishchenko, A.I. Petrov, etc.; under a general edition of Sh.K. Gimatudinov. – M. : Publishing house Subsoil, 1983. – 455 p.

12. Zheltov Yu.P. Development of oil fields: the textbook for higher education institutions. – M. : JSC Publishing House Nedra, 1998. – 365 p.

13. Savenok O.V. Optimization of functioning of the operational equipment for increase in efficiency of oil-field systems with the complicated production conditions. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2013. – 336 p.

14. Actions for fight against ASPO in production wells of the equipped ShSNU on the Stepanovsky field. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65635a2ac78a4c43b88521316c26_0.html

15. Savenok O.V., Kusov G.V., Shostak N.A. The analysis of efficiency of application of methods of fight against ASPO on a well stock of LLC RN-Krasnodarneftegaz: Modern technologies of workover and increase in oil recovery and layers. Prospects development / Collection of reports of the 5th International scientific and practical conference. Gelendzhik, Krasnodar Krai, 2010 / LLC Nitpo Scientific and Production Firm. – Krasnodar : LLC Research and Production Firm Nitpo, 2010. – P. 279–282.

16. Antoniadis D.G., Shostak N.A., Savenok O.V., Ponomarev D.M. The analysis of the existing methods of fight against asphaltomoloparaffinovy deposits (ASPO) at oil production // the Scientific and technical magazine «Stroitelstvo Neftnyanykh I Gazovykh Skvazhin Na Sushe I Na More». – M. : VNIIOENG, 2011. – No. 9. – P. 32–37.

17. Shakhmelikyan M.G., Haidar Mohammed of Brekhim, Ganges Ivanov to Adrian Tabitha. Analysis of efficiency of steam impact on the II layer II of the block of the Katangli field : Bulatovsky readings / materials the I International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes : the collection of articles under a general edition of the Dr.Sci.Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 2: Development of oil and gas fields. – P. 313–322. – URL: <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-313-322.pdf>

18. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Shakhmelikyan M.G., Kumbe Edson Leonel Vitorinu. Analysis of technologies of thermal impact on layers high-viscosity neftny fields Uzen // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 100–123.

19. Berezovsky D.A., Samoylov A. S., Bashardust Mohammad Daud. The analysis of work of the wells complicated by formation of asfalto-smolo-paraffin deposits on the example of the Matrosovsky field and development of recommendations about application of methods of fight with the EXPERT POE // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 124–141.

20. Shakhmelikyan M.G., Matveeva I.S. The analysis of efficiency of technology of thermopoly-dimensional impact on layer on fields with high-viscosity neftnyam on the example of the Mishkinsky oil field // the Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2018. – No. 01. – URL: <http://vsni-isp.ru/pdf/2018/01/19.pdf>

21. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert. Analysis of methods of development of fields high-viscosity neftny and natural bitumens // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – No. 1. – P. 168–188.

22. Bulatov A.I., Kusov G.V., Savenok O.V. Asfalto-smolo-paraffinovy deposits and hydrate formations: prevention and removal // Certificate on the state registration of the database No. 2013620192. Application No. 2012621424. Date of receipt on December 13, 2012. It is registered in the Register of databases on January 9, 2013.

УДК 622.24 (076.8)

**НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ТЕХНОЛОГИИ
И МЕТОДОЛОГИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КРЕПИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН**

**THE NEW TECHNICAL MEANS, TECHNOLOGIES
AND METHODOLOGY OF GEOLOGIC-GEOPHYSICAL CONTROL
OF TECHNICAL CONDITION OF A TIMBERING OF OIL AND GAS WELLS**

Климов Вячеслав Васильевич

кандидат технических наук,
профессор кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
vvklimov2010@gmail.com

Аннотация. В статье приводятся новые технические средства, технологии и методология геолого-геофизического контроля технического состояния крепи нефтегазовых скважин. Проведён анализ эффективности технических средств технологий ГИС при контроле технического состояния крепи нефтегазовых скважин. Показан выбор направлений совершенствования технических средств и технологий для обнаружения перетоков флюидов в заколонном пространстве скважин и диагностики обсадных колонн. Намечены пути совершенствования и разработки новых технологий ГИС по контролю технического состояния крепи скважин при их строительстве и эксплуатации.

Ключевые слова: геолого-геофизический контроль; техническое состояние крепи нефтегазовых скважин; технические средства технологий ГИС; подготовка скважин к проведению ГИС; обнаружение перетоков флюидов в заколонном пространстве скважин; диагностика обсадных колонн; технология дефектоскопии обсадных колонн.

Klimov Vyacheslav Vasilyevich

Candidate of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university

Annotation. New technical means, technologies and methodology of geologic-geophysical control of technical condition of a timbering of oil and gas wells are given in article. The analysis of efficiency of technical means of geophysical surveys of wells technologies at control of technical condition of a timbering of oil and gas wells is carried out. The choice of the directions of improvement of technical means and technologies for detection of overflows of fluids in behind-the-casing space of wells and diagnostics of upsetting columns is shown. Ways of improvement and development of the geophysical surveys of wells new technologies for control of technical condition of a timbering of wells at their construction and operation are planned.

Keywords: geological and geophysical control; technical condition of a timbering of oil and gas wells; technical means of geophysical surveys of wells technologies; preparation of wells for carrying out of geophysical surveys of wells; detection of overflows of fluids in behind-the-casing space of wells; diagnostics of upsetting columns; technology of defectoscopy of upsetting columns.

Фонд наклонно-горизонтальных скважин в нефтегазовой отрасли значителен и имеет тенденцию к увеличению. Геофизические исследования в таких скважинах не могут быть проведены с гарантированными показателями точности получаемых результатов, если опираться только на методическое, приборное и программно-математическое обеспечение ГИС, разработанное ранее для вертикальных скважин.

Проведённый анализ показал, что:

- разработанные ранее нормативные документы по контролю технического состояния крепи скважин не учитывают возможности и ограничения методов и средств контроля на газовых, газоконденсатных месторождениях и не регламентируют проведение геофизических исследований в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах;
- методы и геофизические приборы для контроля технического состояния обсадных колонн и цементного камня в скважинах с большими отклонениями стволов от вертикали имеют существенные ограничения, недостаточно точны и информативны, а получаемая с их помощью информация недостоверна из-за искажающего влияния различных дестабилизирующих факторов, действующих при проведении исследований.

Для решения триединой задачи:

- 1) контроля технического состояния эксплуатационных обсадных колонн;
- 2) определения состояния цементного камня;
- 3) оценки качества разобщения пластов-коллекторов и обнаружения зон перетоков флюидов в заколонном пространстве скважин оказалось необходимым:
 1. Сформулировать задачи и разработать научно обоснованную «Концепцию контроля технического состояния скважин на различных этапах их строительства и эксплуатации на газовых, газоконденсатных месторождениях и ПХГ».
 2. Определить необходимые дополнительные диагностические параметры и критерии оценки технического состояния эксплуатационных обсадных колонн.
 3. Выявить принципиальные недостатки и ограничения к применению существующих геофизических методов и реализующих их технических средств для определения дефектов крепи в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах на месторождениях с аномально высокими пластовыми давлениями и температурами.
 4. Установить область применения технических средств, имеющихся на вооружении геофизической отрасли, и существующих технологий контроля технического состояния крепи скважин.
 5. Провести анализ влияния дестабилизирующих факторов на достоверность получаемых геофизических данных и результаты их интерпретации.
 6. Разработать комплекс технических средств нового поколения для реализации методов:
 - термометрии (патенты России № 2193169, № 2315268 и № 2315323) [1–3];
 - магнитных методов контроля обсадных колонн (патент России № 2328731) [4];
 - модифицированных акустических методов оценки качества цементирования скважин (патенты России № 2102597 и № 2405936) [5, 6];
 - электромагнитной трубной профилеметрии (патент России № 2410538) [7];
 - электромагнитной дефектоскопии обсадных колонн, свободных от влияния аномальной намагниченности обсадных труб;
 - эксцентриситета скважинных приборов в обследуемых колоннах и других дестабилизирующих факторов, действующих в скважинных условиях при проведении диагностических операций.
 7. Разработать принципиально новый комплексный скважинный прибор для определения проходного сечения обсадных колонн, мест негерметичности в их муфтовых соединениях и выявления перетоков флюидов в заколонном пространстве скважин (патент на изобретение № 2102597) [5].
 8. Разработать новые технологии:
 - дефектоскопии обсадных колонн электромагнитными методами, включая технологию размагничивания обсадных труб;
 - обнаружения интервалов щелевой перфорации в обсадных колоннах;
 - определения мест негерметичности промежуточных и эксплуатационных обсадных колонн в наклонно-горизонтальных скважинах (патент России № 2134779) [8];
 - определения мест негерметичности в муфтовых соединениях труб обсадных колонн;
 - определения путей распространения ремонтных тампонажных составов для ликвидации перетоков флюидов за эксплуатационными обсадными колоннами (патент России № 2199007) [9];
 - определения источников обводнения добываемой углеводородной продукции и выявления интервалов негерметичности заколонного пространства скважин (патент России № 2405934) [10];
 - комплексной оценки качества цементирования скважин и разобщения пластов-коллекторов (патент № 2405936) [6].
 9. Разработать обязательные и дополнительные комплексы ГИС для контроля технического состояния крепи скважин при их строительстве и эксплуатации на месторождениях и ПХГ.
 10. Разработать методические основы контроля, включающие:
 - «Рабочие таблицы по контролю технического состояния крепи скважин»;
 - «Методические указания по контролю технического состояния крепи скважин»;

- «Методику интерпретации данных профилометрии обсадных колонн в наклонно-направленных и горизонтальных участках стволов скважин»;
- «Регламент проведения геофизических исследований скважин при разработке газовых, газоконденсатных месторождений и эксплуатации подземных хранилищ газа»:

Часть 1. Порядок и условия проведения промыслово-геофизических и гидродинамических исследований на месторождениях и ПХГ;

Часть 2. Геофизические исследования для изучения технического состояния обсадных колонн цементного камня по контролю технического состояния крепи наклонно-горизонтальных скважин», согласованный в Управлении Северо-Кавказского округа Госгортехнадзора Российской Федерации;

11. Разработать программно-математическое обеспечение для корректного определения геометрических параметров обсадных труб как в вертикальных, так и в наклонно-горизонтальных скважинах.

12. Разработать (на основе проведённых исследований, анализа и обобщения опыта практического применения технических средств нового поколения и новых технологий) общую методологию геолого-геофизического контроля технического состояния крепи вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин, регламентирующую порядок, условия и объёмы проведения ГИС на газовых и газоконденсатных (нефтяных) месторождениях (включая месторождения с аномально высокими пластовыми давлениями и температурами).

Вышеперечисленные разработки прошли всестороннюю апробацию и нашли широкое применение на месторождениях с АВПД и высокими температурами и могут быть рекомендованы к широкому применению.

Анализ эффективности технических средств технологий ГИС при контроле технического состояния крепи нефтегазовых скважин

Анализ физических основ, возможностей и ограничений геофизических методов и способов повышения достоверности результатов ГИС показал, что ГИС в наклонно-горизонтальных скважинах не могут быть выполнены с гарантированными показателями точности и достоверности, если опираться только на приборное, методическое и метрологическое обеспечение, разработанное ранее для вертикальных скважин, и на достигнутый технологический уровень их производства и интерпретации.

При контроле технического состояния крепи скважин на месторождениях с АВПД и высокими температурами геофизические методы, а также и технические средства для их реализации, имеют дополнительные ограничения к применению.

Покажем это на следующем практическом примере. Так, в одной из скважин Прибрежного месторождения глубиной 3500 м на момент проведения ГИС пластовое давление составляло 75 МПа, а давление в межколонном пространстве – около 5,0 МПа. При этом плотность промывочной жидкости, заполняющей эксплуатационную обсадную колонну, превышала 2,2 г/см³.

В обсадной колонне в указанных условиях давление промывочной жидкости линейно изменялось от атмосферного (на устье скважины) до 80 МПа (на её забое), а перепад давления между забоем и устьем в заколонном пространстве скважины составил 70 МПа, причём характер его распределения в функции глубины скважины неизвестен и не может приниматься в расчёт, т.к. он зависит от многих факторов (наличия зазоров между обсадной колонной и цементным камнем, каналов в цементе, а также зазоров между цементным камнем и горными породами) (табл. 1).

Из таблицы 1 следует, что воздействию внутреннего давления в диапазоне от 5 до 30 МПа происходит увеличение наружного радиуса труб обсадной колонны диаметром 146 мм в диапазоне от 12 до 145 мкм, а при воздействии наружного давления – уменьшение наружного радиуса труб с образованием кольцевого зазора в диапазоне от 44 до 189 мкм [11].

Из-за изменений наружного диаметра обсадных труб при изменении давления в колонне неминуемо произойдёт изменение величины зазора между их наружной поверхностью и цементным камнем, что приведёт к некорректным результатам и не позволит сделать однозначный вывод о герметичности или негерметичности заколонного пространства.

Таблица 1 – Увеличение и уменьшение наружного радиуса обсадных труб диаметром 146-мм при действии избыточного внутреннего давления

Увеличение наружного радиуса обсадных труб диаметром 146-мм при действии избыточного внутреннего давления (толщина стенки труб $\delta = 8$ мм)	
Избыточное внутреннее давление, МПа	Увеличение наружного радиуса обсадной колонны, мкм
5	12
10	36
15	65
20	920
25	118
30	145
Уменьшение наружного радиуса обсадных труб диаметром 146-мм при действии избыточного внешнего давления (толщина стенки труб $\delta = 8$ мм)	
Избыточное внешнее давление, МПа	Уменьшение наружного радиуса обсадной колонны, мкм
5	44
10	73
15	102
20	131
25	160
30	189

Таким образом, можно предположить непредсказуемые перепады давления, действующие на стенки обсадных труб на различных глубинах скважины, а также непредсказуемые изменения их наружного диаметра и зазоров по границам «колонна – цемент». Поэтому результаты корректно выполненных геофизических исследований по контролю качества цементирования, проведённые по традиционной технологии, оказываются изначально некорректными по причине несоответствия условий производства ГИС реальным условиям работы газовых скважин.

Для повышения достоверности результатов ГИС оказывается необходимым комплексный подход, включающий:

- качественную подготовку скважин к их проведению (с учётом возможностей и ограничений к применению геофизических методов контроля);
- совершенствование и разработку новых технологий проведения ГИС;
- систематический контроль технологий проведения геофизических исследований.

Ниже рассмотрим основные направления повышения достоверности результатов геофизических исследований в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах при контроле их технического состояния на месторождениях с АВПД и высокими температурами за счёт:

- качественной подготовки скважин к их проведению (с учётом возможностей и ограничений к применению геофизических методов контроля);
- совершенствования геофизических приборов и методик интерпретации результатов ГИС;
- совершенствования и разработки новых технологий проведения ГИС.

Часть 1. Подготовка скважин к проведению ГИС

«Правила геофизических исследований и работ в нефтяных и газовых скважинах», утверждённые совместным приказом Министерства топлива и энергетики и Министерства природных ресурсов России № 445/323 от 28 декабря 1999 года, в части подготовки стволов скважин к проведению ГИС предусматривают лишь шаблонирование обсадных колонн.

Однако при обнаружении перетоков газа по заколонному пространству скважин методом термометрии точность измерений температуры будет неминуемо снижена из-за:

- тепловой инерции термометров, которая изменяется в зависимости от теплопроводности флюидов, заполняющих скважину;
- недостаточного времени выдержки скважины в покое для получения установившегося температурного режима;
- превышения скорости каротажа.

Как показано в [12], тепловая инерция термометров в нефти увеличивается в 2, а в газе – в 25 раз по отношению к их тепловой инерции в воде. Кроме того, технология проведения геотермических исследований должна предусматривать выбор оптимальной скорости движения термометров v в зависимости от их тепловой инерции τ , а для обеспечения возможности сопоставления результатов исследований, выполненных разными термометрами, – произведение τ на v должно сохраняться постоянным [13].

Кроме того, необходимое время выдержки скважины в покое для получения установившегося температурного режима в скважинах зависит от разности первоначальных температур промывочной жидкости и окружающих пород, а также диаметра скважины.

Таким образом, одним из направлений повышения достоверности геотермических исследований является учёт указанных факторов на этапах планирования и проведения ГИС.

Часть 2. Выбор направлений совершенствования технических средств и технологий для обнаружения перетоков флюидов в заколонном пространстве скважин и диагностики обсадных колонн

Проведённый анализ физических основ, возможностей и ограничений геофизических методов контроля технического состояния крепи скважин показал, что:

- в газовых скважинах существуют объективные ограничения к их применению, в том числе и из-за несовершенства технических средств для их реализации;
- достоверность результатов исследований напрямую зависит от технического, технологического и программно-математического обеспечения ГИС.

Ниже рассмотрим основные способы повышения достоверности методов ГИС путём совершенствования приборного и программно-математического обеспечения для корректной обработки и интерпретации получаемой информации.

2.1 Совершенствование приборного обеспечения для реализации метода термометрии

При малых объёмах перетоков газа за обсадными колоннами образующиеся тепловые аномалии незначительны и находятся в пределах основной погрешности скважинных термометров, находящихся на вооружении геофизических предприятий. Поэтому их применение может быть эффективным только в тех случаях, когда регистрируемые тепловые эффекты превышают величины их погрешностей.

Серийные скважинные термометры обладают и значительной тепловой инерцией, что приводит к «размазыванию» или пропуску температурных аномалий, обусловленных миграцией газа за эксплуатационными колоннами.

Следовательно, для выполнения детальных исследований по выявлению перетоков флюидов в заколонном пространстве газовых скважин и других «тонких» работ оказывается необходимой разработка скважинных термометров, обладающих высокой точностью, высокой разрешающей способностью и минимальными значениями тепловой инерции.

Нами предложены решения, позволяющие повысить технические характеристики скважинных термометров, суть которых заключается в разделении функций получения информации и преобразования её в форму, удобную для передачи по каналу связи – каротажному кабелю. Такой принцип построения измерительной схемы при прочих равных условиях позволяет:

- уменьшить ток, протекающий через измерительную схему, что даёт возможность устранить перегрев термочувствительных элементов относительно температуры окружающей среды в скважине и, следовательно, повысить точность измерений;
- изменять границы диапазона измерений и осуществлять измерение собственно приращений температуры;

- применить низкоомные высокоточные термочувствительные элементы, серийно выпускаемые отечественной промышленностью, обладающие малой массой и, следовательно, малой тепловой инерцией (например, термометрические элементы типа ЭТВ-1, ЭТВ-2, ЭТВ-3, ЭТВ-М4, ЭТВ-М5, ЭТВ-М6, внесённые в Государственный реестр средств измерений и др.);

- повысить достоверность регистрации распределения теплового поля вдоль оси скважины при проведении геотермических исследований за счёт устранения эффекта «размазывания» температурных аномалий, обусловленного значительной тепловой инерцией известных скважинных термометров.

Суть предложенных технических решений отражена в патентах России № 2193169 [1] и № 2315268 [2], согласно которым был изготовлен опытный образец скважинного высокочувствительного малоинерционного термометра ВМСТ-1 и проведены его сопоставительные испытания с серийным термометром типа ТР7-341 как в лабораторных, так и в реальных скважинных условиях.

На рисунке 1 показано изменение температуры, зарегистрированное указанными термометрами в зоне залегания продуктивного пласта, а на рисунке 2 приведён фрагмент термограммы, характеризующий реакцию термометров ТР7-341 и ВМСТ-1 на скачок температуры в момент перехода из воздуха в воду. Сопоставление кривых указанных термометров позволяет сделать вывод о том, что:

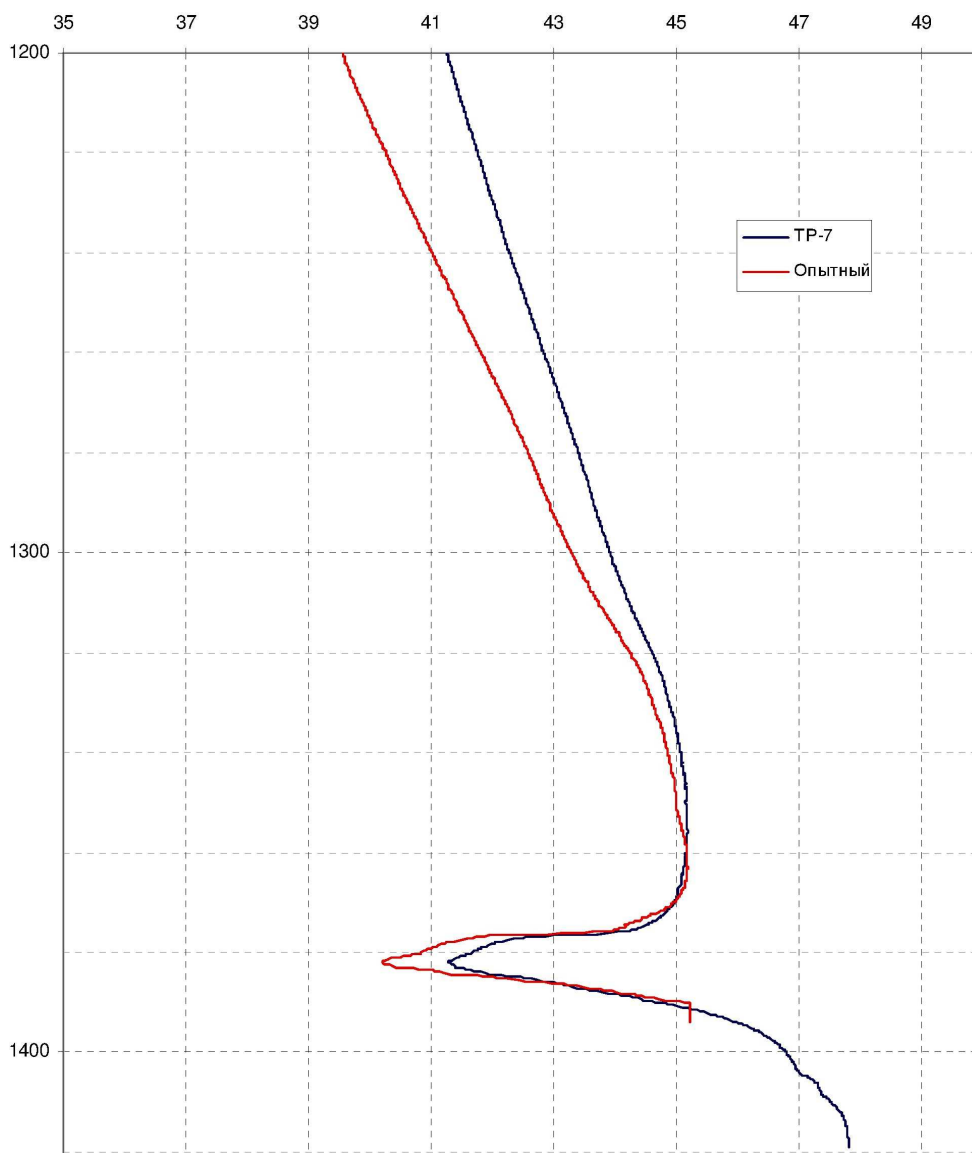


Рисунок 1 – Изменения температуры в интервале перфорации обсадной колонны, зарегистрированные серийным термометром ТР7-341 и опытным образцом термометра ВМСТ-1



Рисунок 2 – Реакция термометров TP7-341 и VMCT-1 на скачок температуры в момент перехода из воздуха в воду

- дифференциация измеряемого параметра с помощью разработанного термометра VMCT-1 существенно выше;
- тепловая инерция термометра TP7-341 многократно превышает тепловую инерцию термометра VMCT-1 (скачок температуры в момент перехода оказывается «размазанным» по глубине скважины на 12,5 м), тогда как VMCT-1 чётко зарегистрировал момент перехода практически горизонтальным участком кривой (показания термометра VMCT-1 установились на базе 0,83 м). Из приведённых данных следует, что тепловая инерция термометра VMCT-1 меньше тепловой инерции термометра TP7-341 в 15 раз.

Таким образом, разработанные технические решения согласно предложенной концепции построения измерительной схемы позволили получить высокие технические характеристики скважинного термометра VMCT-1, что, в свою очередь, обеспечило возможность его применения при проведении ГИС по определению путей миграции газа в заколонном пространстве скважин.

2.2 Совершенствование приборного обеспечения для реализации метода электромагнитной дефектоскопии обсадных колонн

Как показывает практика строительства и эксплуатации скважин, повреждения обсадных колонн могут возникать из-за скрытых дефектов обсадных труб (расслоений,

несквозных продольных трещин и др.), образующихся в процессе их изготовления и провоцирующих образование сквозных повреждений.

В наклонно-направленных и горизонтальных скважинах всё большую актуальность приобретают вопросы контроля технического состояния обсадных колонн, испытывающих повышенные прижимающие и изгибающие нагрузки, которые часто приводят к образованию сосредоточенного желобного износа, порезов, трещин и других повреждений труб в местах концентрации механических напряжений. Существует проблема обнаружения:

- несквозных (зарождающихся) трещин в местах дефектов металлургического производства труб;
- опасных (по критерию резкого снижения прочностных характеристик труб) сквозных повреждений труб протяжённостью 40–50 мм (см. таблицу 2, а также рисунки 3 и 4).

Таблица 2 – Критические значения допускаемых внутренних давлений для обсадных труб с дефектами различной протяжённости

Группа прочности труб	Диаметр труб, мм	Толщина стенки, мм	Внутреннее давление, кг/см ²			
			200	300	400	500
«Д»	146	7	L = 70	L = 55	–	–
		9	L = 90	L = 75	L = 65	–
		11	L = 115	L = 90	L = 75	L = 70
«К»	146	7	L = 65	L = 50	L = 40	–
		9	L = 85	L = 65	L = 55	L = 45
		11	L = 105	L = 85	L = 70	L = 60
«Д»	168	7	L = 70	L = 50	–	–
		9	L = 90	L = 70	L = 60	–
		11	L = 105	L = 85	L = 70	L = 60
«К»	168	7	L = 65	L = 50	L = 40	–
		9	L = 80	L = 65	L = 50	L = 45
		11	L = 100	L = 75	L = 65	L = 55

Примечание: символом L обозначена протяжённость дефектов.

Из разработок последних десятилетий можно отметить программно-управляемый аппаратно-методический комплекс АМК-2000, требующий совершенствования (в части расширения функциональных возможностей) и цифровые магнитоимпульсные дефектоскопы-толщиномеры типа ЭМДС и МИД-К («МИД Газпром»). Последний получил широкое распространение в практике проведения геофизических исследований по контролю технического состояния обсадных колонн и НКТ на подземных хранилищах газа. Поэтому проф. Климовым В.В. проведён анализ возможностей и ограничений к применению магнитоимпульсных дефектоскопов МИД-К («МИД Газпром»), в котором детально рассмотрено влияние дестабилизирующих факторов на результаты контроля, что является необходимым условием получения на практике корректных данных о характеристиках дефектных участков труб.

Аргументировано доказана необходимость совершенствования указанных дефектоскопов, поскольку их датчики реагируют на интегральные параметры и дезинформируют производителей.

Например, желобной износ обсадных труб по дуге окружности менее 45°, производимый элементами буровой колонны, оказывается «размазан» по всему их периметру, что не позволяет определять остаточную толщину и остаточную прочность труб для переаттестации скважин старого фонда и продления их сроков эксплуатации сверх нормативных.

Установлено (см. табл. 3), что применение магнитоимпульсных дефектоскопов МИД-К («МИД Газпром») оправдано лишь при обнаружении крупных повреждений обсадных труб и к тому же в скважинах с небольшими отклонениями стволов от вертика-

ли. Порезы резцами долот и другие несквозные повреждения обсадных колонн с помощью дефектоскопов МИД-К не выявляются.

Таблица 3 – Основные технические характеристики магнитоимпульсных дефектоскопов-толщиномеров МИД-К

№№ n/n	Наименование параметров	Значение
1	Диаметр исследуемых колонн, мм	62–245
2	Наружный диаметр скважинного прибора, мм	42
3	Длина (с центраторами), мм	2500
4	Масса, кг	13,0
5	Протяжённость выявляемых сквозных дефектов: – продольной ориентации: 70–100 мм в НКТ диаметром 2,5 дюйма; 100–150 мм в одиночной обсадной колонне диаметром 5 дюймов; 200–300 мм в обсадной колонне диаметром 5 дюймов через НКТ; – поперечной ориентации: половина периметра трубы	
6	Избыточное наружное давление для скважинных приборов, МПа	40
7	Температура окружающей среды для скважинных приборов, °С	120

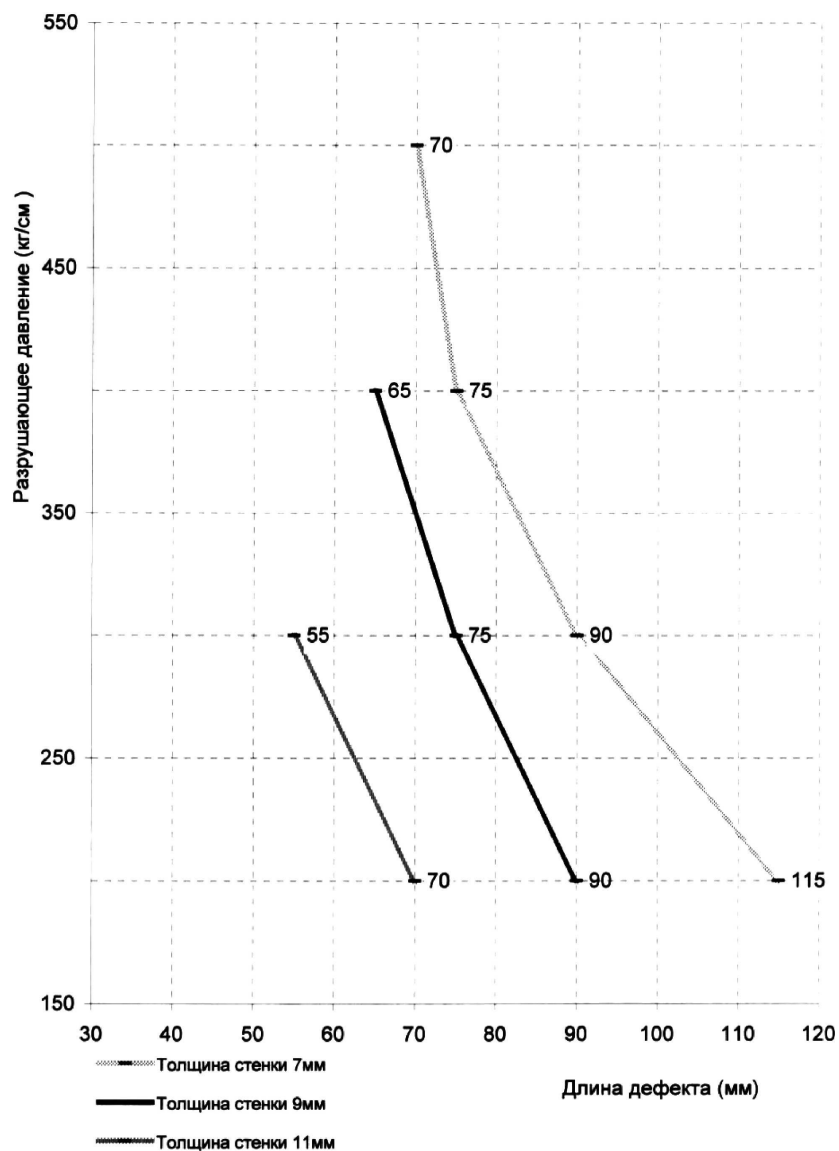


Рисунок 3 – Снижение прочностных свойств обсадных труб диаметром 146 мм группы прочности «Д» в зависимости от длины дефектов

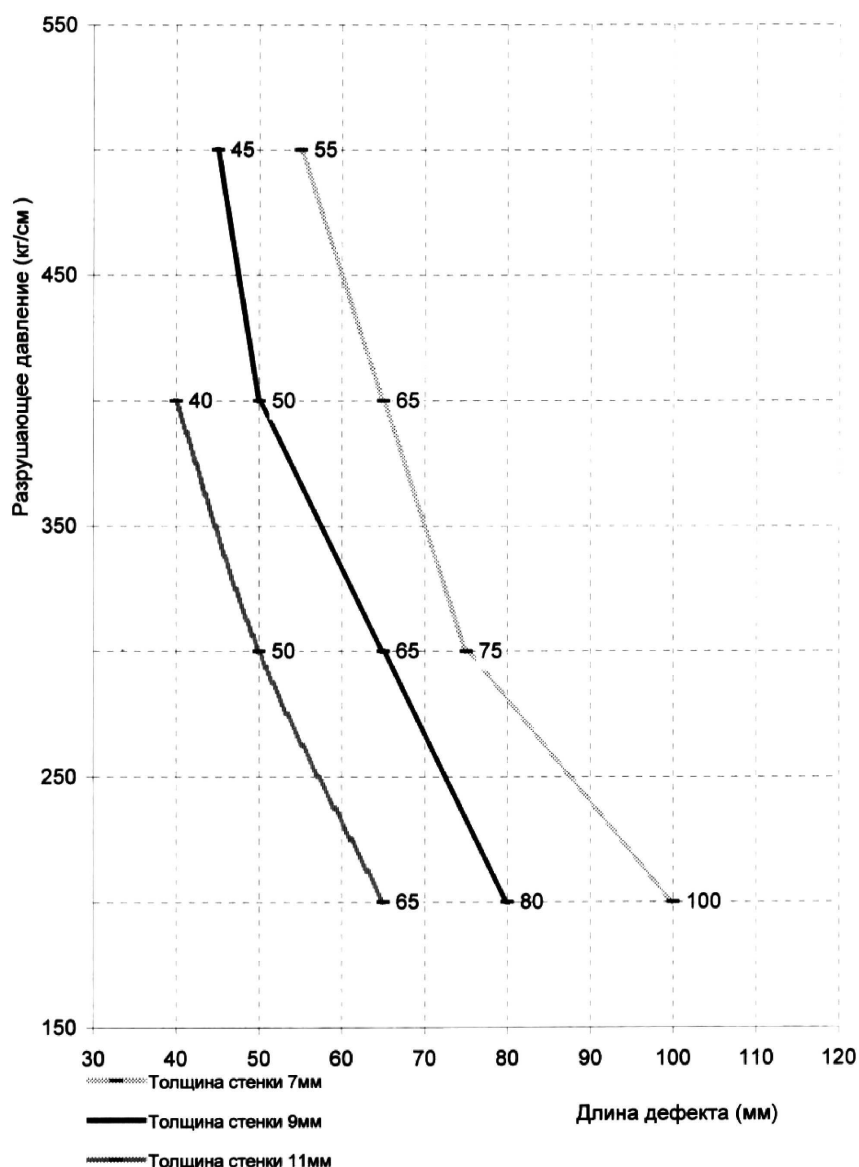


Рисунок 4 – Снижение прочностных свойств обсадных труб диаметром 168 мм группы прочности «К» в зависимости от длины дефектов

Проведённый анализ также показал, что в России и за рубежом нет серийных дефектоскопов, обладающих достаточной чувствительностью и позволяющих обнаружить дефекты металлургического производства труб, несвязные порезы резцами долот и зарождающие повреждения обсадных колонн (как в вертикальных, так и в наклонно-горизонтальных скважинах), что необходимо, например, для:

- осуществления превентивных мероприятий, направленных на обеспечение эксплуатационной надёжности и экологической безопасности скважин на нефтегазовых месторождениях и ПХГ;
- планирования и проведения ремонтных работ;
- выдачи обоснованного заключения о возможности продления сроков эксплуатации скважин сверх нормативных;
- введения в эксплуатацию неработающих скважин старого фонда.

Для решения указанных задач оказывается необходимой разработка скважинных дефектоскопов нового поколения, датчики которых обладают достаточной чувствительностью и свободны от влияния дестабилизирующих факторов, действующих в скважинных условиях (таких как: аномальная намагниченность, «пятнистость» структуры обсадных труб, эксцентриситет скважинных приборов дефектоскопов в обследуемых обсадных колоннах и др.).

2.3 Направления совершенствования магнитоимпульсного дефектоскопа-толщиномера МИД-К

Как следует из технического описания и таблицы 3, минимальная протяжённость сквозных повреждений труб продольной ориентации, выявляемых дефектоскопом-толщиномером МИД-К, должна составлять не менее 70–100 мм в НКТ диаметром 2,5 дюйма, а в одиночной обсадной колонне диаметром 146 мм (5 дюймов) – не менее 100–150 мм, т.е. при увеличении диаметра труб чувствительность МИД-К к дефектам резко снижается.

В обсадных колоннах большего диаметра (промежуточных колоннах и кондукторах) чувствительность магнитоимпульсных дефектоскопов МИД-К не регламентируется, однако следует ожидать её снижение в ещё большей степени (из-за увеличения их периметра и уменьшения электропроводности кольца труб в зоне контроля). Другими словами, порог чувствительности к дефектам (или минимальная длина уверенно выявляемой сквозной трещины) будет ещё большей.

Попутно отметим, что в процессе эксплуатации скважин вероятность образования протяжённых трещин в кондукторах и промежуточных колоннах, зацементированных до устья и перекрытых эксплуатационной колонной, весьма низка (например, при землетрясениях и подвижках пластов).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в комплекс ГИС для изучения технического состояния кондукторов и промежуточных обсадных колонн магнитоимпульсные дефектоскопы-толщиномеры типа МИД-К включены ошибочно. Они из-за низкой чувствительности к дефектам могут быть полезными только в эксплуатационных колоннах и НКТ.

Следовательно, первым направлением совершенствования типа МИД-К является увеличение чувствительности к дефектам труб.

Следует особо отметить, что с помощью магнитоимпульсных приборов типа МИД-К определяется интегральная (по всему периметру) толщина участка исследуемой трубы (кольца) с шириной (высотой) более 240 мм, которая никоим образом не характеризует минимальную (остаточную) толщину стенок труб в зоне износа бурильным инструментом и, следовательно, остаточную прочность изношенной обсадной колонны. Другими словами, магнитоимпульсные приборы типа МИД-К непригодны для измерения остаточной толщины стенок труб – они являются, по сути, интегральными измерителями массы металла в зоне контроля по дуге 360° и на базе более 240 мм, т.е. являются приборами для определения весовых характеристик труб, например, потери металла за счёт коррозии. Таким образом, в промежуточных обсадных колоннах диаметром 245 мм, из-под которых вскрываются пласты с аномально высокими давлениями, наиболее опасный – сосредоточенный желобной износ труб по данным магнитоимпульсных приборов типа МИД-К будет неминуемо «растянут» по всему их периметру и занижен по значению. Поэтому измерение указанными приборами средней по периметру, а не остаточной толщины стенок труб, делает исследования опасными, поскольку по их результатам можно сделать ошибочное заключение об остаточной прочности изношенных труб. Последнее может привести к тяжёлым последствиям при газодонефтепроявлениях и развитии других нештатных ситуаций на скважинах.

Следовательно, вторым направлением совершенствования дефектоскопов-толщиномеров типа МИД-К является обеспечение измерения не только средней по периметру, но и остаточной толщины трубы (минимального значения).

Как было показано ранее [14–20], муфтовые соединения и сквозные повреждения труб на каротажных диаграммах дефектоскопа-толщиномера МИД-К (и его модификаций) регистрируются аномалиями, протяжённость которых значительно превышает их фактические значения.

Из рассмотрения кривых дефектоскопа-толщиномера МИД-К следует, что длина муфтовых соединений обсадных труб составляет, по меньшей мере, 0,5 м. В то же время отметим, что и у отечественных, и у импортных обсадных труб длины муфт обсадных колонн (с различными типами резьб) не превышают 250 мм (табл. 4). Другими словами, длины муфтовых соединений обсадных колонн по данным МИД-К оказываются завышены практически в 2 раза, что не соответствует истине.

Таблица 4 – Длины муфт обсадных труб

Диаметр труб, мм	Тип муфтового соединения / длина, мм				Примечание
	ОТТМ	ОТТГ	Батресс	Треугольная	
146,0	177–215	182	218	–	длины муфт не превышают 244,5 мм
168,0	190	225	244,5	184-222	

Кроме того, на участках набора кривизны в наклонно-горизонтальных скважинах, т.е. там, где повреждения труб обсадных колонн наиболее вероятны, магнитоимпульсная дефектоскопия-толщинометрия не даёт корректных результатов, поскольку в них:

- скважинные приборы в первой колонне находятся в эксцентричном положении;
- центровка скважинных приборов относительно второй (эксплуатационной) и третьей (промежуточной или технической) колонн невозможна, поскольку в искривлённых участках стволов скважин центрирующие устройства для обсадных колонн не применяют (из-за осложнений при их спуске) и каждая последующая колонна труб «лежит» на внутренней стенке предыдущей. Таким образом, из-за невозможности взаимной центровки, трубы в точках соприкосновения находятся в электрическом контакте и представляют собой в поперечном сечении короткозамкнутые витки, шунтирующие друг друга, а датчики указанных приборов формируют интегральные электромагнитные отклики, не характеризующие ни одну из исследуемых колонн.

Следовательно, третьим направлением совершенствования дефектоскопов-толщиномеров типа МИД-К является повышение достоверности информации, выдаваемой заказчикам геофизических услуг.

Анализ промысловых данных показывает, что выделение дефектов и повреждений труб на фоне помех, обусловленных аномальной намагниченностью обсадных колонн, значительно затруднено, а в ряде случаев просто невозможно. Поэтому четвёртым направлением совершенствования дефектоскопов-толщиномеров типа МИД-К является повышение их помехозащищённости.

Как показано выше, к «природным» дефектам обсадных труб, возникающим в процессе их производства на трубопрокатных заводах, относятся несквозные расслоения металла, риски, волосовины, трещины и т.п. В соответствии с ГОСТ 632-80 браковочным признаком для обсадных труб является наличие указанных видов дефектов с протяжённостью более 50 мм и с глубиной проникновения в тело труб более 12 % от толщины их стенок. При наличии в трубах дефектов с большей протяжённостью или с большей глубиной производится их отбраковка (отгрузка потребителям не допускается). Другими словами, появление обсадных труб на буровых с дефектами большей протяжённости и с большей глубиной проникновения теоретически исключено, а практически можно объяснить только за счёт несоблюдения технологии проведения погружно-разгрузочных работ или их транспортировки.

Кроме того, в результате натурных испытаний обсадных труб (см. таблицу 2, а также рисунки 3 и 4) установлены критические длины дефектов L в мм при различных значениях давления и показано, что в эксплуатационных колоннах диаметром 146 и 168 мм прочностные свойства их резко снижаются при $L \geq 50$ мм.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что упомянутые магнитоимпульсные приборы не обладают достаточной чувствительностью для определения технического состояния обсадных колонн по критериям:

- соответствия (несоответствия) труб требованиям ГОСТ 632-80;
- снижения их прочностных свойств.

Таким образом, дефекты с большими геометрическими размерами следует классифицировать уже не как дефекты, а как повреждения труб. Рассуждая таким образом, можно прийти к выводу о том, что дефектоскопы-толщиномеры типа МИД-К являются по сути индикаторами крупных сквозных повреждений труб, выходящих за пределы требований ГОСТ 632-80. Другие ограничения к применению дефектоскопов-толщиномеров типа МИД-К, проявляющиеся при работе в скважинах с большими отклонениями стволов от вертикали, приведены в [11].

Поисковые исследования привели к разработке индукционных дефектоскопов ИДК-1, ИДК-105 и ИДК-105М, датчики которых отличаются высокой чувствительностью и помехозащищённостью. Они позволяют выявлять в эксплуатационных обсадных ко-

лоннах зарождающиеся дефекты типа расслоений и трещин (с глубиной проникновения в тело труб более 12 %) и определять изменение их среднего внутреннего диаметра по металлу (независимо от отложений на внутренней поверхности труб глинистой или цементной корки, парафина, солей и т.п.), что очень важно при определении проходного сечения эксплуатационных колонн и причин локальных сужений, столь часто встречающихся в скважинах.

Технические характеристики прибора ИДК-105М позволяют:

- выявлять несквозные повреждения обсадных колонн типа трещин, обычно зарождающиеся в зоне дефектов металлургического производства труб;
- выявлять сквозные трещины с продольной, направленной под углом и поперечной ориентацией по телу труб;
- определять изменение внутреннего диаметра обсадных труб по металлу (независимо от отложений глинистой или цементной корки, парафина, солей и т.п. на их внутренней поверхности);
- определять (в комплексе с трубными профилемерами и толщиномерами) техническое состояние обсадных колонн по критериям соответствия (несоответствия) труб требованиям ГОСТ 632-80.

Ниже приведены характерные примеры применения дефектоскопа ИДК-105М для решения различных геолого-геофизических задач.

На рисунке 5 показаны примеры контроля технологических операций по вырезанию участков эксплуатационной колонны диаметром 140 мм в скважине № 6 Северо-Екатерининской площади (Краснодарский край) в интервале 1311–1329,5 м для бурения боковых стволов и восстановления её из бездействующего фонда. Проведение работ контролировалось с помощью дефектоскопа ИДК-105М, трубного профилемера ПТС-4 и микрокаверномера СМАШ-42.

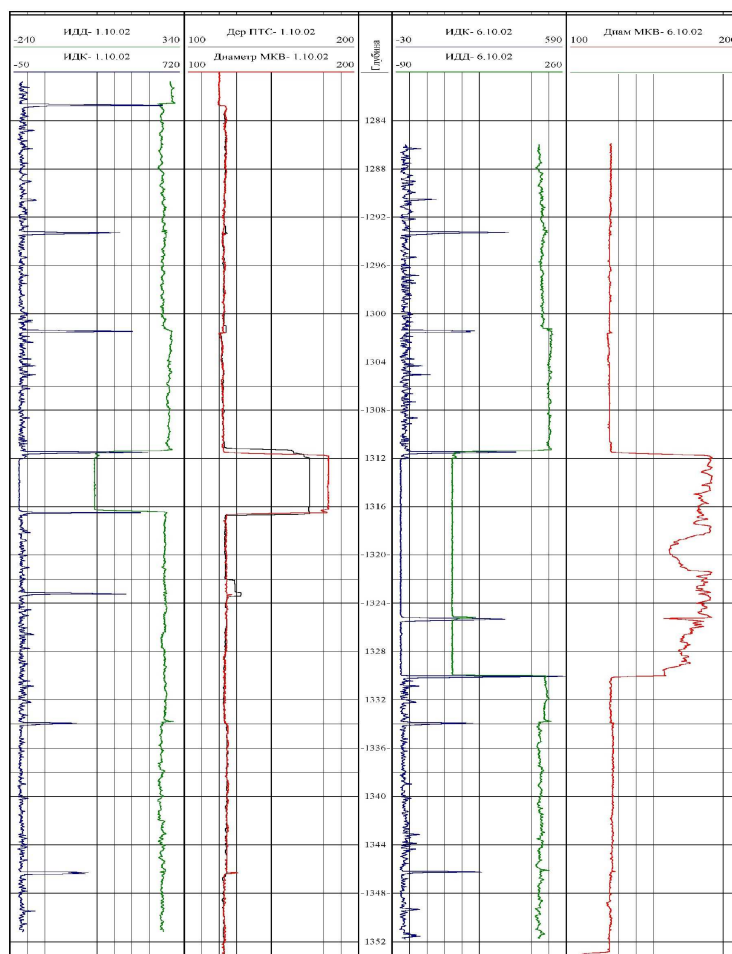


Рисунок 5 – Контроль технологических операций по вырезанию участка обсадной колонны в скважине № 6 Северо-Екатерининской площади

На рисунке 6 приведён пример обнаружения несквозных повреждений обсадной колонны (порезов резцами долот) при разбуривании цементного стакана в одной из скважин Ленинградской площади на глубинах 1188–1240 м, где представлены каротажные диаграммы, зарегистрированные с помощью:

- локатора муфт ЛМ-90 (чёрная кривая);
- дефектоскопа ИДК-105М (синяя и зелёная кривые);
- трубного профилемера ПТС-4 (красная кривая).

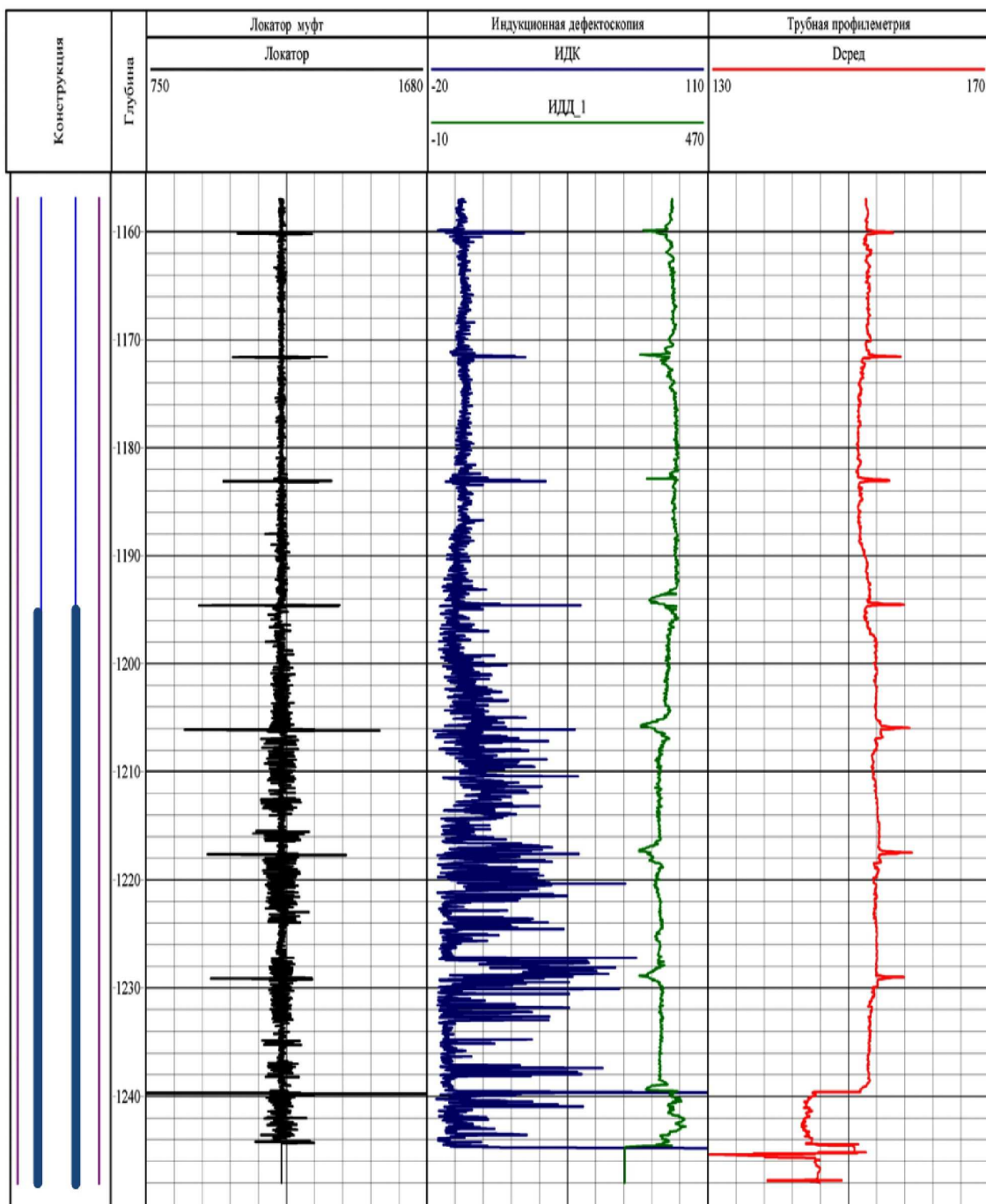


Рисунок 6 – Пример обнаружения несквозных порезов резцами долот в обсадной колонне диаметром 168 мм при разбуривании цементного стакана в одной из скважин Ленинградской площади

На рисунке 7 приведён пример выделения четырёх интервалов перфорации обсадной колонны диаметром 168 мм (показаны штриховкой) с помощью термометра Тр7-341, дефектоскопа ИДК-105М, локатора ЛМ-90 и трубного профилемера ПТС-4.

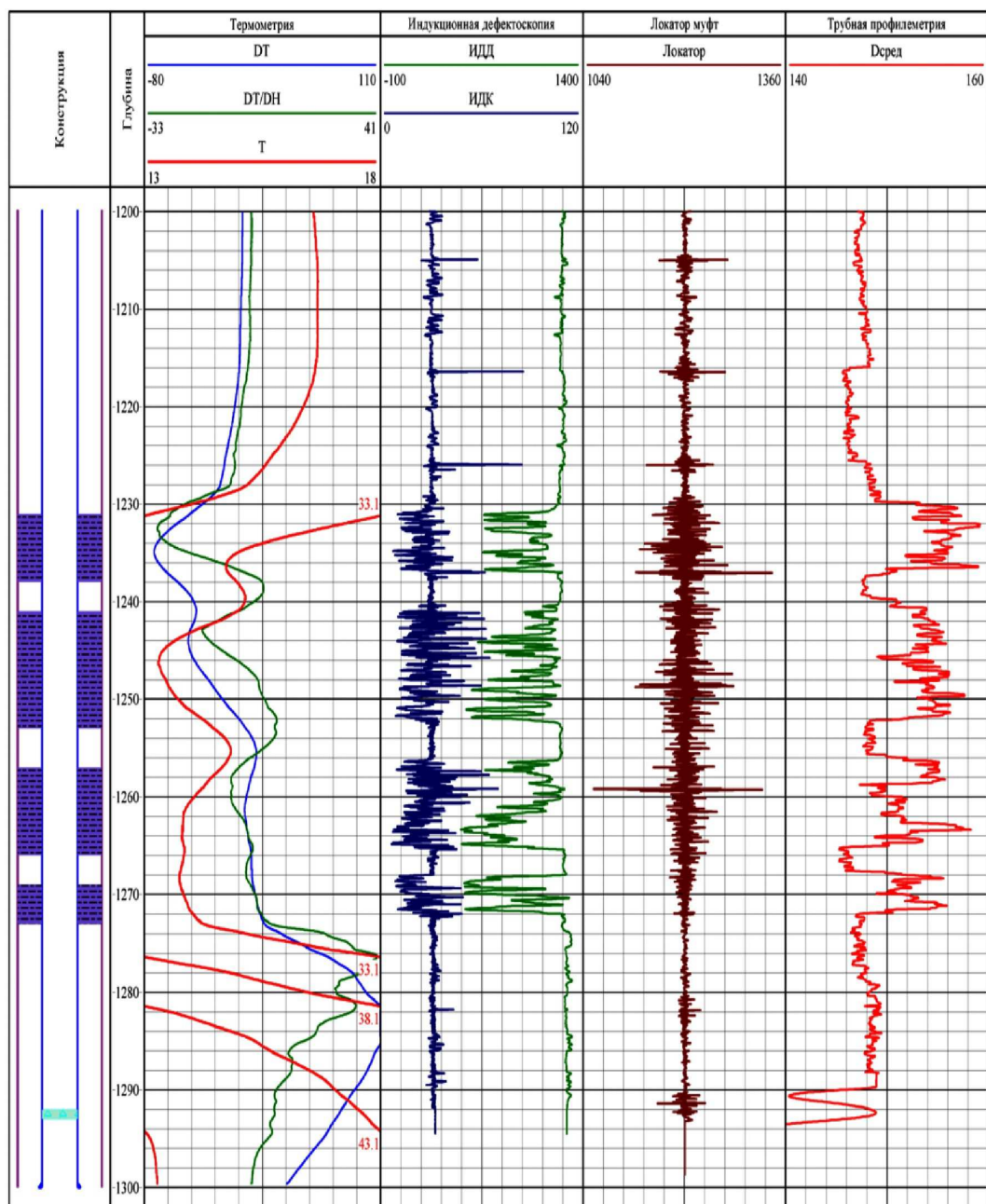


Рисунок 7 – Выделение четырёх интервалов перфорации с помощью термометра Тр7-341, дефектоскопа ИДК-105М, магнитного локатора ЛМ-90 и трубного профилера ПТС-4 в одной из скважин Каневского ГПУ

Следует особо отметить, что дефектоскоп ИДК-105М:

- не требует настройки перед проведением исследований, что исключает волюнтаризм операторов и обеспечивает высокую повторяемость результатов ГИС;
- не требует центровки и может с успехом применяться в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах;
- работоспособен в жёстких термобарических условиях (например, в скважинах Прибрежной площади с температурами 135 °С и давлениями 80 МПа при плотности бурового раствора 2,2 г/см³).

Отличительной особенностью дефектоскопа ИДК-105М от других отечественных и зарубежных дефектоскопов является высокая скорость каротажа – до 1400–1600 м/час (вместо 140–150 м/час при использовании магнитоимпульсных дефектоскопов МИД-К, что в 10 и более раз сокращает время исследований, а также время вынужденного простоя скважин при их капремонте и, следовательно, финансовые потери).

Приведённые примеры применения дефектоскопа ИДК-105М наглядно свиде-

тельствуют о его преимуществах над дефектоскопами других типов, что позволяет рекомендовать его к широкому использованию на нефтяных и газовых месторождениях.

Часть 3. Совершенствование и разработка новых технологий ГИС по контролю технического состояния крепи скважин при их строительстве и эксплуатации

3.1 Совершенствование технологии дефектоскопии обсадных колонн электромагнитными методами

Следует отметить, что в последние 15–20 лет обсадные трубы, преимущественно в их средней части, оказываются намагниченными на этапе производства на металлургических заводах, т.к. их транспортировка из цеха в цех и отгрузка потребителям осуществляется с помощью электромагнитных захватов, создающих очень большие магнитные потоки. Поэтому из-за сильного влияния аномальной намагниченности обсадных труб на выходные сигналы датчиков электромагнитных (магнитоимпульсных) дефектоскопов метод электромагнитной дефектоскопии обладает низкой достоверностью выявления дефектов на фоне помех. Для снижения фона помех ранее было предложено проведение предварительного размагничивания обсадных колонн с помощью специального электромагнита, спускаемого в скважину на заданную глубину на каротажном кабеле.

Недостатком указанной технологии дефектоскопии ферромагнитных труб является низкая эффективность, обусловленная большими затратами времени на проведение исследований.

Испытания специально разработанного размагничивающего устройства, проведенные с дефектоскопами ИДК-105, ИДК-105М и МИД-К («МИД Газпром») в скважинах Каневского ГПУ, Кущёвского и Краснодарского ПХГ, показали его высокую эффективность.

На рисунке 8 приведены фрагменты каротажных диаграмм, зарегистрированных в аномально намагниченной обсадной колонне диаметром 168:

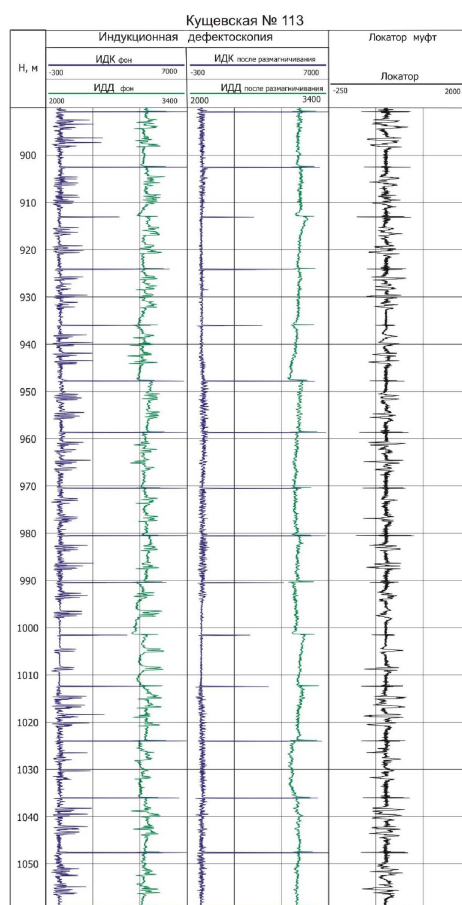


Рисунок 8 – Каротажные диаграммы, зарегистрированные с помощью локатора ЛМ-90 и дефектоскопа ИДК-105М в намагниченной обсадной колонне диаметром 168 мм

- магнитным локатором ЛМ-90 (выделена чёрным цветом);
- дефектоскопом ИДК-105М (диаграммы дефектов до и после размагничивания обсадной колонны выделены синим цветом, а диаграммы изменений среднего внутреннего диаметра до и после размагничивания обсадной колонны – зелёным цветом).

Из анализа каротажных диаграмм, представленных на рисунке 8, следует, что после размагничивания обсадных колонн уровень помех от аномальной намагниченности труб во всех случаях оказался значительно ослаблен, что даёт возможность сделать однозначный вывод о том, что каких-либо значимых дефектов и повреждений они не имеют.

Таким образом, можно сделать вывод о перспективности предложенных технических решений для повышения достоверности результатов электромагнитной (магнитоимпульсной) дефектоскопии.

3.2 Совершенствование технологии определения мест негерметичности в муфтовых соединениях труб обсадных колонн

Определение негерметичных муфтовых соединений традиционно производится комплексом геофизических методов (термометрии, спектральной шумометрии, акустического многозондового каротажа, высокочувствительной расходомерии-притокометрии и др.). Однако следует особо отметить, что существующие средства и технологии определения мест негерметичности в муфтовых соединениях труб обсадных колонн разрабатывались в основном для нефтяных скважин, а в газовых и газоконденсатных скважинах они обладают существенными ограничениями к применению (из-за низкого порога чувствительности по газу).

Для обнаружения малых утечек газа в муфтовых соединениях труб обсадных колонн, определения причин образования межколонных давлений, межпластовых перетоков и путей миграции газа в заколонном пространстве газовых скважин была разработана специальная технология проведения ГИС (патент России № 2405936) [6] с применением разработанных приборов механо-акустического каротажа СМАШ-42 и СПЕКТР-42, использующих контактный способ съёма информации (патент России № 2102597) [5].

Попутно отметим, что технология проведения исследований методом контактной спектральной шумометрии позволяет определять:

- спектральные характеристики шумов в эксплуатационных колоннах (фоновые значения шумов при закрытых измерительных рычагах – волноводах аппаратуры СМАШ-42);
- спектральные характеристики шумов, обусловленных перетоками флюидов за эксплуатационными колоннами – при раскрытых измерительных рычагах аппаратуры СМАШ-42.

Таким образом, оказывается возможным значительно повысить достоверность результатов ГИС при определении мест негерметичности в муфтовых соединениях труб обсадных колонн, причин образования межколонных давлений, межпластовых перетоков и путей миграции газа в заколонном пространстве скважин.

Литература:

1. Патент № 2193169. Устройство для дистанционного измерения температуры / В.В. Климов, В.Ф. Будников, И.В. Браташ, С.Н. Ретюнский, Е.М. Костенко, А.А. Енгибарян, А.А. Брусаков. – Подача заявки: 27.06.2000. – Оpubл. 20.11.2002.
2. Патент № 2315268. Устройство для дистанционного измерения температуры / Ю.И. Баканов, В.П. Колесниченко, В.Г. Гераськин, И.Н. Кравцов, В.В. Климов, А.А. Захаров, А.Г. Радыгин, С.Н. Ретюнский, С.В. Сергеев, А.А. Глухов. – Подача заявки: 05.12.2005. – Оpubл. 20.01.2008.
3. Патент № 2315323. Термоанемометрический датчик скорости движения флюидов / Ю.И. Баканов, В.П. Колесниченко, В.Г. Гераськин, И.Н. Кравцов, В.В. Климов, А.А. Захаров, А.А. Енгибарян, Л.И. Мищенко, А.В. Шостак. – Подача заявки: 28.02.2005. – Оpubл. 20.01.2008.
4. Патент № 2328731. Магнитный локатор дефектов и повреждений труб / Ю.И. Баканов, В.П. Колесниченко, В.Г. Гераськин, И.Н. Кравцов, В.В. Климов, А.А. Захаров, А.Г. Радыгин, А.А. Глухов, А.А. Енгибарян, Л.И. Мищенко. – Подача заявки: 15.12.2005. – Оpubл. 10.07.2008.

5. Патент № 2102597. Способ контроля состояния крепи скважин / А.Я. Петерсон, Ю.М. Басарыгин, А.М. Черненко, В.Ф. Будников, В.В. Климов, И.М. Михед, С.Н. Ретюнский. – Подача заявки: 26.06.1995. – Оpubл. 20.01.1998.
6. Патент № 2405936. Способ комплексной оценки качества цементирования скважин и разобщения пластов-коллекторов / С.А. Жвачкин, Ю.И. Баканов, В.Г. Гераськин, В.В. Климов, Г.А. Севрюков, Н.И. Кобелева, А.Н. Черномашенко, А.А. Енгибарян, А.А. Захаров, А.А. Бражников, С.Н. Ретюнский. – Подача заявки: 30.11.2007. – Оpubл. 10.12.2010.
7. Патент № 2410538. Устройство для исследования технического состояния ферромагнитных труб / С.А. Жвачкин, Ю.И. Баканов, В.П. Колесниченко, И.Н. Кравцов, Н.И. Кобелева, В.Г. Гераськин, В.В. Климов, С.Н. Ретюнский, Г.А. Севрюков, А.А. Бражников. – Подача заявки: 02.12.2008. – Оpubл. 27.01.2011.
8. Патент № 2134779. Способ определения технического состояния обсадных колонн и устройство для его осуществления / В.В. Климов, Ю.М. Басарыгин, В.Ф. Будников, А.М. Черненко, А.Г. Радыгин, И.В. Браташ. – Подача заявки 05.08.1997. – Оpubл. 20.08.1999.
9. Патент № 2199007. Способ определения технического состояния скважин / С.А. Жвачкин, Ю.И. Баканов, В.Г. Гераськин, В.В. Климов, Г.А. Севрюков, Н.И. Кобелева, А.Н. Черномашенко, А.А. Енгибарян, А.А. Захаров, А.А. Бражников, С.Н. Ретюнский. – Подача заявки: 30.11.2007. Оpubл. 10.12.2010.
10. Патент № 2405934. Способ определения технического состояния скважин / С.А. Жвачкин, Ю.И. Баканов, В.Г. Гераськин, В.В. Климов, Г.А. Севрюков, Н.И. Кобелева, А.Н. Черномашенко, А.А. Енгибарян, А.А. Захаров, А.А. Бражников, С.Н. Ретюнский. – Подача заявки: 30.11.2007. – Оpubл. 10.12.2010.
11. Гейхман М.Г., Колесниченко В.П., Климов В.В., Аносов Э.В., Кравцов И.Н., Ретюнский С.Н. Новые технические средства, технологии и методология геолого-геофизического контроля технического состояния крепи газовых и газоконденсатных скважин, в том числе и скважин с аномально-высокими пластовыми давлениями и температурой. – Краснодар : ООО «Промсвещение-Юг», 2011. – 265 с.
12. Климов В.В. Научно-методические основы, аппаратура и технологии геофизического контроля технического состояния скважин на примере газовых месторождений и подземных хранилищ газа. – М. : ООО ИРЦ «Газпром», 2008. – 300 с.
13. Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ на кабеле в нефтяных и газовых скважинах : РД 153-39.0-072-01. – М., 2001.
14. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Повышение достоверности геофизических методов в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах // Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». – М. : Издательство ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2017. – № 3. – С. 33–37.
15. Климов В.В., Савенок О.В., Усов С.В. Новая рецептура ремонтного тампонажного состава для ликвидации перетоков жидкости за эксплуатационными колоннами в нефтегазовых скважинах // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 10. – С. 34–36.
16. Климов В.В., Савенок О.В. Снижение техногенного воздействия на окружающую среду при эксплуатации газовых месторождений и подземных хранилищ газа // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М. : ВНИИОЭНГ, 2018. – № 3. – С. 20–23.
17. Кошелев А.Т., Климов В.В., Савенок О.В., Усов С.В., Шостак А.В. Осложнения, связанные с дефектами в крепи скважин, и методы их исследований : учебно-методическое пособие для студентов всех форм обучения специальностей 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», 130504 «Бурение нефтяных и газовых скважин» и 130602 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» и направления 131000.62 «Нефтегазовое дело». – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2013. – 70 с.
18. Усов С.В., Савенок О.В., Климов В.В. Капитальный ремонт скважин. Восстановление герметичности обсадных колонн : методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Реконструкция и восстановление скважин» (профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти») и «Технология бурения нефтяных и газовых скважин» (профиль «Бурение нефтяных и газовых скважин») для студентов всех форм обучения направления 131000.62 «Нефтегазовое дело». – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2013. – 63 с.
19. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
20. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоения нафтових і газових свердловин. Наука і практика : монографія. – Львів : Споллом, 2018. – 476 с.
21. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 274 с.
22. Попов В.В., Третьяк А.Я., Савенок О.В., Кусов Г.В., Швец В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2017. – 326 с.

23. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012-2015. – Т. 1–4.

References:

1. Patent No. 2193169. The device for remote measurement of temperature / V.V. Klimov, V.F. Budnikov, I.V. Bratash, S.N. Retyunsky, E.M. Kostenko, A.A. Engibaryan, A.A. Brusakov. – Application: 6/27/2000. – Opubl. 11/20/2002.
2. Patent No. 2315268. The device for remote measurement of temperature / Yu.I. Bakanov, V.P. Kolesnichenko, V.G. Geraskin, I.N. Kravtsov, V.V. Klimov, A.A. Zakharov, A.G. Radygin, S.N. Retyunsky, S.V. Sergeyev, A.A. Glukhov. – Application: 12/5/2005. – Opubl. 1/20/2008.
3. Patent No. 2315323. Termoanemometric sensor of speed of the movement of fluids / Yu.I. Bakanov, V.P. Kolesnichenko, V.G. Geraskin, I.N. Kravtsov, V.V. Klimov, A.A. Zakharov, A.A. Engibaryan, L.I. Mishchenko, A.V. Shostak. – Application: 2/28/2005. – Opubl. 1/20/2008.
4. Patent No. 2328731. Magnetic locator of defects and damages of pipes / Yu.I. Bakanov, V.P. Kolesnichenko, V.G. Geraskin, I.N. Kravtsov, V.V. Klimov, A.A. Zakharov, A.G. Radygin, A.A. Glukhov, A.A. Engibaryan, L.I. Mishchenko. – Application: 12/15/2005. – Opubl. 7/10/2008.
5. Patent No. 2102597. Way of control of a condition of a timbering of wells / A.Ya. Peterson, Yu.M. Basarygin, A.M. Chernenko, V.F. Budnikov, V.V. Klimov, I.M. Mikhed, S.N. Retyunsky. – Application: 6/26/1995. – Opubl. 1/20/1998.
6. Patent No. 2405936. Way of complex assessment of quality of cementation of wells and dissociation of layers collectors / S.A. Zhvachkin, Yu.I. Bakanov, V.G. Geraskin, V.V. Klimov, G.A. Sevryukov, N.I. Kobeleva, A.N. Chernomashenko, A.A. Engibaryan, A.A. Zakharov, A.A. Brazhnikov, S.N. Retyunsky. – Application: 11/30/2007. – Opubl. 12/10/2010.
7. Patent No. 2410538. The device for a research of technical condition of ferromagnetic pipes / S.A. Zhvachkin, Yu.I. Bakanov, V.P. Kolesnichenko, I.N. Kravtsov, N.I. Kobeleva, V.G. Geraskin, V.V. Klimov, S.N. Retyunsky, G.A. Sevryukov, A.A. Brazhnikov. – Application: 12/2/2008. – Opubl. 1/27/2011.
8. Patent No. 2134779. A way of determination of technical condition of upsetting columns and the device for his implementation / V.V. Klimov, Yu.M. Basarygin, V.F. Budnikov, A.M. Chernenko, A.G. Radygin, I.V. Bratash. – Application 8/5/1997. – Opubl. 8/20/1999.
9. Patent No. 2199007. Way of determination of technical condition of wells / S.A. Zhvachkin, Yu.I. Bakanov, V.G. Geraskin, V.V. Klimov, G.A. Sevryukov, N.I. Kobeleva, A.N. Chernomashenko, A.A. Engibaryan, A.A. Zakharov, A.A. Brazhnikov, S.N. Retyunsky. – Application: 11/30/2007. Opubl. 12/10/2010.
10. Patent No. 2405934. Way of determination of technical condition of wells / S.A. Zhvachkin, Yu.I. Bakanov, V.G. Geraskin, V.V. Klimov, G.A. Sevryukov, N.I. Kobeleva, A.N. Chernomashenko, A.A. Engibaryan, A.A. Zakharov, A.A. Brazhnikov, S.N. Retyunsky. – Application: 11/30/2007. – Opubl. 12/10/2010.
11. Geykhman M.G., Kolesnichenko Accusative, Klimov V.V., Anosov E.V., Kravtsov I.N., Retyunsky S.N. New technical means, technologies and methodology of geologic-geophysical control of technical condition of a timbering of gas and gas-condensate wells, including wells with abnormal and high reservoir pressures and temperature. – Krasnodar : LLC Pro-sveshcheniye-Yug, 2011. – 265 p.
12. Klimov V.V. Scientific and methodical bases, the equipment and technologies of geophysical control of technical condition of wells on the example of gas fields and underground gas storages. – M. : LLC IRTs Gazprom, 2008. – 300 p.
13. The technical instruction for carrying out geophysical surveys and works on a cable in oil and gas wells : RD 153-39.0-072-01. – M., 2001.
14. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Increase in reliability of geophysical methods in the inclined directed and horizontal wells // the Scientific and technical magazine «Inzhenerneftyanik». – M. : LLC Ai Dee Es Drilling publishing house, 2017. – No. 3. – P. 33–37.
15. Klimov V.V., Savenok O.V., Usov S.V. A new compounding of repair grouting structure for elimination of overflows of liquid behind operational columns in oil and gas wells // Construction of oil and gas wells by land and by sea. – M. : VNIIOENG, 2017. – No. 10. – P. 34–36.
16. Klimov V.V., Savenok O.V. Decrease in technogenic impact on the surrounding environment at operation of gas fields and underground gas storages // Protection of the environment in an oil and gas complex. – M. : VNIIOENG, 2018. – No. 3. – P. 20–23.
17. Koshelev A.T., Klimov V.V., Savenok O.V., Moustaches S.V., Shostak A.V. The complications connected with defects in a timbering of wells, and methods of their researches : an educational and methodical grant for students of all forms of education of specialties 130503 «Development and operation of oil and gas fields», 130504 «Drilling of oil and gas wells» and 130602 «Machines and the equipment of oil and gas fields» and the directions 131000.62 «Oil and gas business». – Krasnodar : Prod. KubSTU, 2013. – 70 p.

18. Usov S.V., Savenok O.V., Klimov V.V. Workover. Restoration of tightness of upsetting columns: methodical instructions to a practical training on disciplines «Reconstruction and restoration of wells» («Operation and Service of Facilities for Production of Oil» profile) and «Technology of drilling of oil and gas wells» («Drilling of Oil and Gas Wells» profile) for students of all forms of education of the direction 131000.62 «Oil and gas business». – Krasnodar : Prod. KubSTU, 2013. – 63 p.

19. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 576 p.

20. Bulatov A.I., Kachmar Yu.D., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Osvoennya naftovy i gazovy sverdlovin. Science i practice : monograph. – L'viv : Spol, 2018. – 476 p.

21. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Bases of geophysical surveys at construction and operation of wells on oil and gas fields : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 274 p.

22. Priests V.V., Tretiak A.Ya., Savenok O.V., Kusov G.V., Shvets V.V. Geophysical researches and works in wells : manual. – Novocheerkassk : Face, 2017. – 326 p.

23. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repairs of oil and gas wells in 4 t. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2012–2015. – T. 1–4.

УДК 622.276.64

**ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМА ВЫТЕСНЕНИЯ
НЕФТИ ИЗ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАВ**

**REVIEW OF MODERN REPRESENTATIONS
AND ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE OIL DISPLACEMENT
MECHANISM FROM POROUS MEDIA WITH APPLICATION
OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES**

Нвизуг-Би Лейи Клуверт
аспирант,
Кубанский государственный
технологический университет
kluivert_dgreat@mail.ru

Аннотация. Ограниченное применение современных технологий повышения нефтеотдачи приводит к тому, что коэффициент извлечения нефти (КИН) сокращается за десятилетие на 3–4 %. Вместе с тем, рост КИН только на 1 % дал бы России прирост годовой добычи в объёме не менее 10–20 млн тонн, что равносильно открытию нового месторождения. Потому уже сегодня необходимо интенсивно внедрять новые передовые технологии, направленные на вовлечение в разработку всех типов остаточных нефтей на месторождениях, вступивших в завершающую стадию эксплуатации, и эффективное освоение месторождений тяжёлых высоковязких нефтей. Поэтому исследование, проведённое в статье, направлено на решение актуальной задачи – возможность повышения эффективности разработки месторождений высоковязких нефтей с применением поверхностно-активных веществ. Увеличение коэффициента извлечения высоковязкой нефти в условиях неоднородных по проницаемости пластов должно обеспечиваться за счёт внедрения технологии закачки поверхностно-активных веществ.

Ключевые слова: методы увеличения нефтеотдачи; трудноизвлекаемые запасы нефти; обводнённость добываемой продукции; неоднородность продуктивных пластов по проницаемости; закачка полимердисперсных систем; осадко-гелеобразование в высокообводнённых пластах; изменение свойств призабойной зоны пласта.

Nwizug-bee Leyii Kluiwert
Postgraduate student,
Kuban state technological university
kluivert_dgreat@mail.ru

Annotation. The limited application of modern oil recovery technologies leads to a reduction in the oil recovery factor by 3–4 % over the decade. At the same time, the growth of the oil recovery factor by only 1% would give Russia an increase in annual production of at least 10–20 million tons, which is equivalent to the opening of a new field. Therefore, already today it is necessary to intensively introduce new advanced technologies aimed at involving all types of residual oils in the fields that entered the final stage of operation into development and efficient development of heavy high-viscosity oil fields. Therefore, the research carried out in the article is aimed at solving the actual problem – the possibility of increasing the efficiency of the development of high-viscosity oil fields with the use of surfactants. The increase in the recovery rate of high-viscosity oil in conditions of heterogeneous permeability of the seams should be ensured by the introduction of a technology for injecting surface-active substances.

Keywords: methods of increasing oil recovery; hard-to-recover oil reserves; watering of production; heterogeneity of reservoirs in terms of permeability; injection of polymer-dispersed systems; sedimentation and gelling in highly watered reservoirs; change in bottomhole formation zone properties.

Развитие методов увеличения нефтеотдачи в России

При всех достоинствах освоенного промышленностью метода заводнения нефтяных залежей как метода наиболее полного извлечения нефти он, тем не менее, уже не обеспечивает необходимую конечную степень извлечения нефти из пластов, особенно в условиях неоднородных пористых сред и повышенной вязкости нефти, когда достигается относительно низкий охват пластов заводнением. После окончания разработки нефтяных месторождений в недрах остается от 40 до 80 % запасов нефти. Остаточная нефть в основном находится в таком состоянии, что доизвлечение её обычными методами разработки затруднительно.

Как известно, различают остаточную нефть двух типов. Первый тип представляет собой не вовлеченную в процесс фильтрации нефть, сосредоточенную в застойных и недренлируемых зонах и пропластках, не охваченных воздействием вытесняющих агентов. Причинами возникновения так называемых «целиков» нефти являются в пер-

вую очередь проницаемостная неоднородность пласта и низкий охват пласта заводнением и сеткой скважин. Промысловыми исследованиями установлено, что при различии проницаемостей двух пропластков, разделенных глинистой перемычкой, в 5 раз и более, вода практически не поступает в низкопроницаемые пропластки, в результате чего нефть остаётся не вовлечённой в разработку. Очевидно, что остаточная нефть этого типа по составу практически ничем не отличается от вытесняемой, поскольку она не взаимодействует с закачиваемыми флюидами.

Другой тип остаточной нефти представляет собой нефть, оставшуюся в частично промытых объёмах пласта. Согласно характеру изменения фазовых проницаемостей, при высоких значениях водонасыщенности (большой степени выработки коллектора) нефть становится практически неподвижной. Для этого типа нефти большую роль играют взаимодействия в системе «порода – нефть» и закачиваемые флюиды, в частности, характер смачиваемости поверхности породы. Состав этого типа остаточной нефти отличается от состава нефти в начале разработки.

В работе приводятся кривые вытеснения и диаграммы фазовых проницаемостей для нескольких месторождений Западной Сибири и Урало-Поволжья, сложенных карбонатными породами и песчаниками с различной смачиваемостью. Оказывается, состав и свойства остаточной нефти значительно зависят от характера смачиваемости поверхности пор пород.

При вытеснении нефти из гидрофильной пористой среды реализуется режим вытеснения, близкий к «поршневому», когда до 90 % нефти добывается в безводный период. В свою очередь, водный период для гидрофильных горных пород непродолжителен, и при закачке 0,5–1,5 поровых объёмов воды достигается предельная обводнённость добываемой продукции. Связанная вода образует плёнку по всей поверхности породы, а остаточная нефть преимущественно сосредоточена в крупных порах. Фильтрация воды происходит, в первую очередь, по мелким и средним капиллярам, нефть из которых выталкивается в виде капель в более крупные капилляры. Остаточная нефтенасыщенность в этом случае представлена капиллярно-защемлённой нефтью.

В гидрофобной пористой среде, напротив, вода сосредоточена в центре крупных пор, а нефть образует плёнку на поверхности породы. При вытеснении вода формирует непрерывные каналы через крупные и средние капилляры, а толщина нефтяных плёнок постепенно уменьшается. Процесс вытеснения для гидрофобных коллекторов характеризуется коротким безводным и продолжительным водным периодом, для достижения предельной обводнённости требуется закачка 6–10 поровых объёмов воды. Остаточная нефть сосредоточена в плёнке на поверхности породы, а также в мелких и тупиковых порах.

Наибольшие коэффициенты вытеснения нефти, превышающие 70 %, достигаются в коллекторах с промежуточной смачиваемостью, когда мелкие поры гидрофильны, а крупные – гидрофобны. В этом случае одновременно происходит вытеснение капель нефти, сосредоточенной в гидрофильных порах, и отмыв плёночной нефти в гидрофобных. Из-за наличия гидрофобных участков образуется значительно меньше капиллярно-защемлённой нефти.

Формирование остаточной нефти в промытых зонах определяется также свойствами самой нефти. Компонентный состав, дисперсное строение, содержание тяжёлых фракций, наличие полярных асфальтено-смолистых веществ являются факторами, влияющими на структурно-механические свойства капель и плёнок нефти и на межфазное натяжение. В частности, содержание и структура асфальтенов и смол имеют принципиальное значение для процесса вытеснения, поскольку именно в этих компонентах сосредоточена большая часть полярных и поверхностно-активных веществ, оказывающих стабилизирующее воздействие на коллоидные системы и усиливающих адсорбцию нефти на поверхности породы.

Специфичность свойств нефтей с повышенным содержанием асфальтенов, смол и парафина, значительные молекулярные массы, наличие гетероэлементов, парамагнетизм, полярность, выраженные коллоидно-дисперсные свойства, возможность образования прочной структуры в нефти и проявления тиксотропных свойств привели к обособлению самостоятельного раздела по гидродинамике процессов разработки

неньютоновских нефтей. Среди исследователей, работающих в этой области, можно назвать А.Х. Мирзаджанзаде, В.В. Девликамова, А.Т. Горбунова, И.М. Аметова, З.А. Хабибуллина, А.Г. Ковалева, М.М. Кабирова, Л.К. Алтунина и др.

Применение заводнения по традиционным технологиям предопределяет закономерное и неизбежное обводнение пластов по мере их выработки. Большинство нефтяных месторождений многопластовые. При этом пласты различаются между собой по коллекторским свойствам, и при совместной их разработке не обеспечивается равномерное вытеснение нефти по всей залежи, что обуславливает формирование остаточной нефти в малопроницаемых прослоях и зонах.

Приведённые факторы существенно влияют на полноту выработки запасов нефти, т.е. на конечный коэффициент нефтеотдачи пластов и на условия рентабельной эксплуатации нефтяных месторождений. Так, среднепроектная нефтеотдача по месторождениям России не превышает 40–43 %.

Другими словами, около 57–60 % начальных запасов нефти останутся не извлеченными. Несмотря на отдельные высокие показатели коэффициентов нефтеотдачи, разработка значительной части нефтяных залежей во всех странах мира с точки зрения полноты выработки запасов нефти характеризуется как неудовлетворительная. Например, в странах Латинской Америки и Юго-Восточной Азии коэффициент конечной нефтеотдачи составляет 24–27 %, в Иране – 16–17 % в США, Канаде, странах Западной Европы, Саудовской Аравии – 33–37 %.

Остаточные запасы (неизвлекаемые) нефти достигают в разных странах в среднем 55–85 % от первоначальных геологических запасов. Ещё в более широком диапазоне (30–90 %) изменяются остаточные запасы по отдельным разрабатываемым месторождениям.

Острота проблемы увеличения нефтеотдачи пластов обусловлена тем обстоятельством, что при неуклонном спаде добычи нефти, истощении легко доступных активных запасов, расположенных в благоприятных природно-геологических условиях, в стране практически отсутствуют эффективные технологии по разработке трудноизвлекаемых запасов нефти.

Имеющиеся инженерные решения в этом направлении в основном носят поисковый характер и, как правило, имеют ряд серьёзных ограничений.

Доля активных запасов в России, оценённая рядом авторов, не превышает 50 % от общего объёма остаточных запасов нефти. Следовательно, перспектива всей нефтедобывающей отрасли и научных изысканий, в частности, связана с совершенствованием разработки залежей с трудноизвлекаемыми запасами нефти.

Решение проблемы повышения эффективности разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами связано с созданием новых и усовершенствованием существующих физико-химических методов, обеспечивающих более полное извлечение нефти и уменьшение объёмов добычи попутной воды. В связи с этим важное значение приобретают методы регулирования разработки месторождений, вступающих в позднюю стадию, с высокой выработкой запасов и значительной обводнённостью добываемой продукции.

В СССР и России начиная с 50-х годов прошлого столетия стали настойчиво искать способы повышения эффективности заводнения нефтяных месторождений и увеличения конечной нефтеотдачи пластов.

В начале повышения эффективности заводнения осуществлялось в основном изменением схемы размещения водонагнетательных скважин (законтурное, осевое, блоковое, очаговое, избирательное, площадное и др.). Много внимания уделялось оптимизации давления нагнетания воды, выбору объектов разработки, повышению эффективности заводнения за счёт рационального размещения добывающих скважин и др.

Результаты применения повышенных давлений на линии нагнетания, близких к горным, показали, что с увеличением перепада давления между пластом и скважиной происходит увеличение работающей толщины и коэффициента гидропроводности пласта. Среднее увеличение работающей толщины пласта при росте давления с 11 до 15 МПа составляет около 20 %.

В начале 60-х годов прошлого столетия стали усиленно изучать методы улучшения нефтевытесняющей способности воды за счёт добавки различных активных

агентов. В качестве таких агентов стали исследовать и применять углеводородный газ, полимеры, поверхностно-активные вещества, щелочи, кислоты и др. Эти методы были направлены на устранение или уменьшение отрицательного влияния капиллярных сил и сил адгезии, удерживающих нефть в заводнённых объёмах пластов.

К этим способам относятся применение слабоконцентрированных растворов водорастворимых ПАВ, щелочей и полимеров, циклическое воздействие на пласт, изменение направления потоков жидкостей и другие, увеличивающие нефтеотдачу на 2–8 %. К наиболее высокопотенциальным относятся методы вытеснения высоковязкой нефти паром, внутривластовым горением и маловязкой нефти мицеллярными растворами, увеличивающими нефтеотдачу на 15–20 %. Эффективность метода вытеснения нефти углекислым и углеводородным газами, совмещённого с заводнением, занимает промежуточное положение (5–15 %).

С ростом обводнённости добываемой жидкости эффективность приведённых выше МУН снижается и при высокой обводнённости они становятся малоэффективными. Поэтому масштабы их применения к 1992–1993 гг. сократились.

Неоднородность продуктивных пластов по проницаемости обуславливает то, что закачиваемая для ППД вода проходит по наиболее проницаемым пропласткам и слоям, оставляя не выработанными менее проницаемые прослои. Разработка продуктивных пластов системой скважин в условиях неоднородных пластов ведёт к образованию застойных зон между скважинами (в том числе и в высокопродуктивных пластах), обуславливаемая гидродинамикой процессов вытеснения и распределением поля давлений в системе скважин. В таких изменённых геолого-промысловых условиях разработки продуктивных пластов основным условием повышения эффективности их эксплуатации становится значительное снижение проницаемости обводнённых наиболее проницаемых прослоев пласта с тем, чтобы направить закачиваемую воду в менее проницаемые малообводнённые прослои, а также изменить распределение поля давлений с целью охвата заводнением застойных зон. В связи с этим были начаты и получили развитие лабораторные и промысловые исследования, направленные на разработку методов увеличения коэффициента охвата пластов воздействием закачиваемой водой.

Одной из первых технологий увеличения коэффициента охвата пласта воздействием на поздней стадии разработки явилась закачка в высокообводнённые послойно-неоднородные пласты полимердисперсных систем (ПДС), когда последовательно закачивали слабоконцентрированные растворы полимера и глинистой суспензии. В дальнейшем появилось большое количество технологий на основе использования полимеров, щелочей и ПАВ, основанных на осадко-гелеобразовании в высокообводнённых пластах. Одним из ранних методов было применение полиакриламида со сшивателем (ацетат хрома) и простых эфиров целлюлозы. Закачка растворов этих реагентов и систем сравнительно больших объёмов (200–500 м³ на 1 м толщины пласта) позволяет снизить проницаемость высокопродуктивных хорошо промытых прослоев пласта на достаточно большом расстоянии от нагнетательной скважины. Используя идею снижения проницаемости наиболее высокопроницаемых и хорошо промытых зон пласта путём создания в пористой среде неподвижных гелей и коагулирования осадкообразующими системами, начали применять более доступные и менее дорогостоящие реагенты и их композиции (жидкий нефелин, алюмохлорид, щелочные стоки производства капролактана, древесную муку, отработанную щелочь, различные вторичные материальные ресурсы (ВМР) и др.). Вслед за гелеосадкообразующими системами начали закачивать реагенты и их композиции, улучшающие нефтевытесняющие свойства воды. Все эти методы можно рассматривать как модификации способов, основанных на использовании осадкогелеобразующих и полимердисперсных систем.

Наряду с закачкой больших объёмов растворов химреагентов в последние годы начали закачивать сравнительно небольшие объёмы химических реагентов, которые ведут к так называемому направленному изменению свойств призабойной зоны пласта. Одним из таких методов является применение вязкоупругих составов, представляющих собой растворы полиакриламида с повышенным содержанием сшивателя и других химических продуктов.

При разработке монолитных пластов с резкой неоднородностью по проницаемости или при наличии в разрезе двух или более пластов (пропластков) получают при-

менение биополимеры, гипан + жидкое стекло, управляемая гелевая система (жидкое стекло + соляная кислота), резиновая крошка, кремнийорганический продукт и другие.

В терригенных коллекторах, представленных большим количеством малопроницаемых пластов со значительным содержанием глинистых материалов, нефть вырывается слабо. Для их активного вовлечения в эксплуатацию разработаны различные методы: декольматация, разглинизация, воздействие на призабойную зону пласта различными волновыми и другими физическими методами в сочетании с применением химических реагентов, например, акустико-химическое воздействие (АХВ), комплексное химико-депресссионное воздействие (КХДВ). Всё большее применение находят физические методы: термобароимплозионное воздействие (ТБИВ), депрессионная перфорация (ДП), сейсмоакустическое воздействие. Эти методы применяются в нагнетательных скважинах для увеличения приёмистости и выравнивания профиля приёмистости, а также увеличения дебитов добывающих скважин.

В последние годы получают развитие методы увеличения нефтеотдачи с применением микроорганизмов. Их перспектива связана, в первую очередь, с простотой реализации, минимальной капиталоемкостью и экологической безопасностью.

Биотехнологические процессы в области увеличения нефтеотдачи пластов можно использовать в двух главных направлениях. Во-первых, это производство на поверхности реагентов для закачки в пласты по известным технологиям. К этому классу веществ относятся биополимеры, диоксид углерода, некоторые ПАВ, растворители, эмульгаторы и т.д. И, во-вторых, использование для улучшения условий нефтевытеснения продуктов микробиологической жизнедеятельности, получаемых непосредственно в нефтеводогазосодержащих пластах.

В последние годы, благодаря созданию мощных источников вибрации и теоретической разработке основ процессов локализации и накопления энергии в заданных точках, стало возможным приступить к созданию технологий увеличения нефтеотдачи пластов, особенно истощённых в процессе разработки традиционными методами. Механизм воздействия механических волн на пластовые системы и технические средства для его реализации изучаются российскими и зарубежными авторами.

Предварительные результаты промысловых исследований показывают, что имеющиеся технические средства позволяют осуществлять воздействие целенаправленно на определённые участки пласта, охватывая весь его объём от призабойных зон скважин до наиболее удалённых участков нефтяной залежи. Это возможно при одновременном использовании нескольких поверхностных и скважинных источников вибрации. Существуют источники, основанные на различных принципах создания вибрации и передачи её земной толще. Группирование наземных и скважинных генераторов вибрации позволяет фокусировать колебания и за счёт интерференции осуществлять мощное воздействие в той или иной точке пласта. При этом недостатки тех или других генераторов как бы устраняются, а преимущества используются более полно, о чём свидетельствует мировой опыт.

Как видно из приведённого краткого обзора, за последние годы исследователями в содружестве с промысловыми инженерами выполнены значительные работы по созданию новых технологий увеличения нефтеотдачи пластов, достаточно эффективные в условиях высокой обводнённости нефтяных залежей.

Анализ результатов промысловых испытаний новых способов увеличения нефтеотдачи заводнённых пластов показывает, что для залежей, находящихся на поздней стадии разработки, наиболее перспективными являются физико-химические, гидродинамические, волновые и микробиологические методы воздействия на пласт. Применение указанных методов воздействия на обводнённые пласты может привести к повышению коэффициента вытеснения нефти из пористой среды или к увеличению коэффициента охвата воздействием закачиваемой водой, или одновременному увеличению как коэффициента вытеснения, так и охвата воздействием.

Таким образом, МУН пластов на поздней стадии заводнения залежей можно разделить на три группы:

1) методы, направленные на увеличение коэффициента вытеснения нефти из пористой среды путём улучшения нефтеотмывающих свойств закачиваемой воды;

2) методы, направленные на повышение охвата залежи воздействием воды;

3) методы комплексного воздействия на залежь, позволяющие одновременно увеличить как коэффициент вытеснения нефти, так и охват пласта воздействием.

Методы увеличения коэффициента вытеснения нефти с использованием различных химических продуктов применяются на начальных стадиях разработки месторождений. Основное внимание уделяется увеличению коэффициента вытеснения с применением ПАВ, щелочей, кислот и растворителей. В данном направлении достигнуты определённые успехи.

При использовании второй группы методов, основанных на повышении фильтрационного сопротивления обводнённых зон нефтеводонасыщенного коллектора, применяют полимеры, полимеры со сшивателями, полимердисперсные системы (ПДС), коллоидно-дисперсионные системы (КДС), волокнисто-дисперсные системы (ВДС) и другие осадко-гелеобразующие композиции. Эти методы наиболее широко начали применяться на поздней стадии разработки месторождений, что связано со снижением эффективности гидродинамических и ряда физико-химических методов на основе ПАВ, кислот и щелочей.

Комплексное воздействие на нефтеводонасыщенный коллектор достигается при использовании следующих технологий:

- закачка алкилированной серной кислоты (АСК);
- щелочно-силикатное и щелочно-полимерное заводнение, применение тринатрийфосфата;
- комбинированные технологии, основанные на закачке ПДС с поверхностно-активными веществами и щелочами, ПДС-СТА (стабилизированный тощий абсорбент) и др.;
- методы, основанные на совместной закачке полимеров, ПАВ, кислот, щелочей и растворителей;
- совместное использование физических методов (акустическое воздействие, вибровоздействие) и нефтевытесняющих агентов;
- гидродинамические МУН.

Исходя из этих соображений А.А. Газизов в соавторстве с А.Ш. Газизовым и С.Р. Смирновым предложили классификацию МУН, перспективных для применения в условиях высокой обводнённости нефтяных залежей по механизму воздействия на залежь и остаточную нефть.

Классификация физических и физико-химических МУН, применяемых при высокой обводнённости нефтяных залежей:

Увеличение коэффициента вытеснения:

- применение водорастворимых ПАВ;
- применение нефтерастворимых ПАВ;
- совместное применение водорастворимых и нефтерастворимых ПАВ;
- мицеллярные растворы;
- композиции углеводородов и ПАВ;
- щелочное заводнение.

Увеличение коэффициента охвата воздействием:

- применение полимеров и биополимеров;
- применение полимеров со сшивателями;
- вязкоупругие системы (ВУС);
- полимердисперсные, волокнисто-дисперсные и коллоидно-дисперсные системы (ПДС, ВДС, КДС и др.);
- гелеобразующие системы на основе кремнийорганических соединений, жидкого стекла, алюмохлорида, алюмосиликатов и др.

Методы комплексного воздействия:

- гидродинамические МУН;
- полимеры с щелочами;
- ПДС с ПАВ и ЩСПК;
- силикатно-щелочное воздействие;
- волновое воздействие;
- микробиологические МУН.

Краткие сведения о ПАВ

Под ПАВ понимают химические соединения, способные вследствие положительной адсорбции изменять фазовые и энергетические взаимодействия на различных поверхностях раздела «жидкость – воздух», «жидкость – твёрдое тело», «нефть – вода». Поверхностная активность, которую в определённых условиях могут проявлять многие органические соединения, обусловлена как химическим строением, в частности, дифильностью (полярностью и поляризуемостью) их молекул, так и внешними условиями: характером среды и контактирующих фаз, концентрацией ПАВ, температурой.

Поверхностно-активные вещества – вещества с асимметричной молекулярной структурой, молекулы которых содержат один или несколько гидрофобных радикалов и одну или несколько гидрофильных групп. Такая структура обуславливает поверхностную активность молекул поверхностно-активных веществ, т.е. способность концентрироваться на межфазных поверхностях раздела, тем самым изменяя свойства системы.

Гидрофильной частью служит карбоксильная (COO^-), сульфатная ($-\text{OSO}_3^-$) и сульфонатная ($-\text{SO}_3^-$) группы, а также группы $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ или группы, содержащие азот. Гидрофобная часть состоит преимущественно из парафиновой цепи, прямой или разветвлённой, из бензольного или нафталинового кольца с алкильными радикалами. Так как адсорбционная способность органических веществ растёт с длиной углеводородных цепей, то к типичным, особенно эффективным ПАВ относятся более высокие члены гомологических рядов, содержащие 10–18 атомов углерода в молекулах.

Термины гидрофильный и гидрофобный характеризуют взаимодействие между поверхностно-активным веществом и водой. Но в настоящее время, когда кроме водной среды поверхностно-активные вещества применяются и в других средах, термины гидрофильный и гидрофобный, отражающие взаимодействие вещества только с водой, являются недостаточными. На IV Международном конгрессе по поверхностно-активным веществам были предложены обобщающие термины: эндофильный и экзофильный.

Эндофильность соответствует случаю, когда взаимодействие всей или части молекулы вещества с молекулами рассматриваемой фазы более сильное, чем взаимодействие между молекулами (или частью их) вещества. В противоположном случае имеет место экзофильность.

Обычно ПАВ представляют собой органические вещества, содержащие в молекуле углеводородный радикал и одну или несколько полярных групп.

Согласно ионной классификации Шварца и Перри, принятой в 1960 году на III Международном конгрессе по ПАВ в Кёльне, все ПАВ по химической природе делят на неионогенные, т.е. не диссоциирующие на ионы (НПАВ) в водных растворах, и ионогенные, которые в воде распадаются на ионы, как обычные электролиты. Ионогенные ПАВ, в свою очередь, подразделяют на анионоактивные (АПАВ), катионоактивные (КПАВ), амфотерные и цвиттер-ионные.

Ионогенные ПАВ в водном растворе диссоциируют: анионные – с образованием отрицательно заряженных поверхностно-активных ионов; катионные – с образованием положительно заряженных поверхностно-активных ионов; амфолитные – с образованием соединений, которые в зависимости от характера среды обладают анионо- или катионоактивным характером. Неионогенные ПАВ в водном растворе не образуют ионов. Их растворимость обусловлена функциональными группами, имеющими сильное сродство к воде.

В отдельную группу выделяются высокомолекулярные (полимерные) ПАВ, состоящие из большого числа повторяющихся звеньев, каждое из которых имеет полярные и неполярные группы.

По растворимости в воде и маслах ПАВ подразделяют на три группы: водо-, водомасло- и маслорастворимые.

Водорастворимые ПАВ состоят из гидрофобных углеводородных радикалов и гидрофильных полярных групп, обеспечивающих растворимость всего соединения в воде. Характерная особенность этих ПАВ – их поверхностная активность на границе раздела «вода – воздух».

Водомаслорастворимые ПАВ применяют в основном в системах «нефть – вода». Гидрофильные группы в молекулах таких веществ обеспечивают их растворимость в воде, а достаточно длинные углеводородные радикалы – растворимость в углеводородах.

Маслорастворимые ПАВ не растворяются и не диссоциируют (или слабо диссоциируют) в водных растворах. Помимо разветвлённой углеводородной части значительной молекулярной массы, обеспечивающей растворимость в углеводородах, маслорастворимые ПАВ часто содержат гидрофобные активные группы. Как правило, эти ПАВ слабо поверхностно активны на границе раздела «жидкость – воздух».

Вопрос о применении ПАВ для увеличения нефтеотдачи также решался неоднозначно на разных этапах развития внедрения МУН. После 80-х годов прошлого столетия, когда была подвергнута научному сомнению состоятельность заводнения с неионогенными ПАВ (НПАВ), потребовалось ещё почти два десятилетия для того, чтобы доказать, что применение ПАВ не только один из наиболее эффективных методов повышения нефтеотдачи, но и то, что заводнение с НПАВ даёт максимальный эффект, если внедряется с начала разработки. Этот вывод подтверждён результатами промысловых испытаний на опытных участках некоторых площадей Ромашкинского нефтяного месторождения.

Сегодня уже нет никаких сомнений в том, что применение ПАВ в различных технологиях повышения нефтеотдачи пластов является наиболее предпочтительным с точки зрения сохранения коллекторских свойств продуктивных пластов, влияния на процесс подготовки и транспортирования нефти. Это определяется многоплановым механизмом действия ПАВ:

1. Добавка ПАВ в воду снижает межфазное натяжение воды на границе с нефтью. При низком межфазном натяжении капли нефти легко деформируются и фильтруются через сужения пор, что увеличивает скорость их перемещения в пласте. К тому же при концентрации ПАВ выше ККМ (критической концентрации мицеллообразования) низкое значение межфазного натяжения на границе «раствор – нефть» будет способствовать сольubilизации нефтяных компонентов в растворе ПАВ.

2. Добавка ПАВ в воду за счёт снижения поверхностного натяжения уменьшает краевые углы смачивания, т.е. увеличивает смачиваемость породы водой. Гидрофилизация в совокупности со снижением межфазного натяжения приводит к сильному ослаблению адгезионных взаимодействий нефти с поверхностью породы.

3. Водные растворы ПАВ проявляют моющее действие по отношению к нефти, покрывающей поверхность породы тонкой плёнкой, способствуя разрыву плёнки нефти. Адсорбируясь на поверхности раздела нефти с водой и вытесняя активные компоненты нефти, создающие на поверхности раздела адсорбционные слои с высокой прочностью, ПАВ облегчают деформацию менисков в порах – капиллярах пласта. Всё это увеличивает глубину и скорость капиллярного впитывания воды в нефтенасыщенную породу. Под действием ПАВ интенсивнее происходит диспергирование нефти в воде, причём ПАВ стабилизируют образующуюся дисперсию. Размеры нефтяных капель уменьшаются. Вероятность их коалесценции и прилипания к твёрдой поверхности снижается. Это ведёт к значительному повышению относительной фазовой проницаемости пористой среды для нефти и воды.

4. Лучшее вытеснение нефти водой, содержащей ПАВ, связано также с сильным влиянием ПАВ на реологические свойства нефти. Введение ПАВ в нефть приводит к изолированию микрокристаллов парафинов и разрушению пространственной структуры, образуемой ими, а также к внедрению ПАВ в ассоциаты асфальто-смолистых веществ, следствием чего является снижение степени агрегирования АСВ (асфальто-смолистых веществ) в растворе низкомолекулярных углеводородов и уменьшение вязкости нефти.

Начало применения ПАВ в нефтепромысловой практике относится к 50-м годам XX века.

За прошедшие 60 лет сложился широкий спектр ПАВ, применяемых для увеличения нефтеотдачи: сульфанола, сульфозетоксилаты ОЭАФ, алкилсульфонаты, реагенты ряда ОП (ОП-4, ОП-10) оксиэтилированные алкилфенолы (неонолы АФ₉₋₄, АФ₉₋₆, АФ₉₋₁₀, АФ₉₋₁₂) и др. Причём первоначально указанные ПАВ использовались индивидуально, а теперь преобладает применение композиций ПАВ, обладающих синергическим эффектом совместного действия АПАВ и НПАВ, таких как композиция «Сепавет» фирмы «BASF», маслорастворимые и водорастворимые ПАВ «Нефтенол», технология

«СНО АН МФК». Также известны технология на основе композиции Нефтенола НЗ «ЗАО Химеко-ГАНГ», композиция СНПХ-95 ОАО «НИИНефтепромхим» и т.п. Технологии данного типа осуществляются путём использования составов, содержащих разные классы ПАВ, которые при введении в воду позволяют снизить межфазное натяжение на границе, обладают высокой солюбилизующей способностью, образуют на границе с углеводородом микроэмульсионную фазу и не дают устойчивых, плохо разрушающихся эмульсий.

Первые попытки применения эмульсий в нефтяной промышленности были предприняты в начале 70-х годов прошлого столетия, но из-за дороговизны реагентов и ограниченного ассортимента ПАВ эмульсионные системы нашли ограниченное применение. Известно множество составов эмульсионных систем, однако в основном они отличаются только классом и концентрацией поверхностно-активных веществ. Используемые ранее ПАВ-стабилизаторы эмульсий были представлены ионогенным классом, применение которого ограничивалось минерализацией воды, используемой для приготовления растворов, а также минерализацией пластовой воды. К ПАВ этого класса можно отнести нефтяные сульфонаты. Для устранения отрицательного влияния минерализации воды на устойчивость эмульсионных составов в качестве эмульгаторов и стабилизаторов эмульсий было предложено использование неионогенных ПАВ, оксиэтилированных продуктов, таких как оксиэтилированные алкилфенолы (неонолы), оксиэтилированные высшие спирты и др.

Примером такой композиции является разработка фирмы «Hoechst AG» – «Додифлад V-3100». В эмульсионных составах в качестве углеводородной дисперсионной среды, как правило, используются лёгкие (гексановая, дизельная) фракции нефти. Вместе с тем, содержание водной фазы в этих системах было незначительным, поэтому вязкость полученных эмульсионных систем также была ограничена.

Разработанные технологии эмульсионного воздействия, как правило, рекомендуются для применения в песчаных пластах, где обычное заводнение было успешным, но уже исчерпало себя; или на карбонатных залежах при использовании в качестве эмульгаторов ПАВ неионогенного класса. Однако все разработанные составы имеют ряд ограничений по плотности и вязкости нефти (малая и средняя), по проницаемости коллектора (средняя и высокая) и по достаточно высокой остаточной нефтенасыщенности (не менее 25-30 %). Были проведены единичные испытания эмульсионного метода на коллекторах, представленных тяжёлыми нефтями, где также наблюдается прирост нефтеизвлечения, хотя для этого необходим большой перепад давления при закачке.

Наиболее широкое применение в технологии повышения нефтеотдачи нашли неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ).

Этот вид ПАВ насчитывает более 50 веществ различных групп. Среди них наибольшее распространение получили оксиэтилированные изонилфенолы типов ОП-10, АФ₉₋₄, АФ₉₋₆, АФ₉₋₁₀, АФ₉₋₁₂, в основном из-за больших объёмов их промышленного производства.

По мнению многих исследователей, преимущество НПАВ заключается в их совместимости с водами высокой минерализации и значительно меньшей адсорбции по сравнению с ионогенными ПАВ. Однако многолетний опыт применения индивидуальных ПАВ типа ОП-10 для увеличения нефтеотдачи не дал однозначных результатов. Об эффективности применения НПАВ как метода увеличения нефтеотдачи существуют различные мнения, как положительные, так и отрицательные.

С позиций сегодняшнего дня это можно объяснить слабой поверхностной активностью на границе раздела «нефть – вода», незначительными нефтеотмывающими свойствами, большими потерями в пласте, неопределённостями в оценке технологической эффективности метода по промысловым данным. Кроме того, метод далёк от универсальности. Он может эффективно использоваться в строго определённых геолого-физических условиях, о чём свидетельствует многолетний опыт (с 1971 года) применения ПАВ в Татарстане для повышения нефтеотдачи пластов залежей терригенного девона. По объёмам внедрения метод заводнения с применением ПАВ в объединении «Татнефть» занимает второе место после закачки серной кислоты. На ме-

сторождениях Татарстана закачано около 60 тыс. тонн водорастворимых и около 20 тыс. тонн маслорастворимых ПАВ. Только на Ромашкинском месторождении за счёт закачки ПАВ добыто более 3 млн. тонн нефти, или 47,5 тонн на 1 тонну ПАВ.

Многочисленные экспериментальные исследования, выполненные в институте «ТатНИПИнефть», показали, что применение концентрированных растворов ПАВ в условиях первичного вытеснения нефти из моделей терригенных пород существенно улучшает процесс вытеснения нефти. Максимальный прирост коэффициента вытеснения по сравнению с водой составил 2,2–2,7 %. Несколько большее значение прироста коэффициента вытеснения, равное 3,5–4,0 %, было получено при использовании моделей малопроницаемых пористых сред.

В экспериментах по вытеснению остаточной нефти из моделей терригенных пород с использованием дисперсий маслорастворимых ПАВ, выполненных в УНИ и ВНИПИнефтепромхим, была показана возможность существенного улучшения доотмыва остаточной нефти после обычного заводнения. Промысловые испытания этой технологии на опытном участке Ташлиярской площади Ромашкинского месторождения позволили дополнительно получить 24 тыс. тонн нефти, или 60 тонн на 1 тонну ПАВ. По этой технологии для довытеснения остаточной нефти была закачана водная дисперсия маслорастворимого ПАВ АФ₉₋₆. Приготовленная на поверхности водная дисперсия с концентрацией до 10 % представляла собой микроэмульсию прямого типа. Средняя обводнённость добываемой жидкости из скважин опытных участков составляла 83–95 %. В других геолого-физических условиях, например, Башкирии, промысловый эксперимент, проводимый на Арланском месторождении с 1967 года по технологии долговременного дозирования низкоконцентрированных растворов ОП-10, не дал ожидаемых положительных результатов. Несмотря на то, что в пласты опытного объекта было закачано более одного порового объёма 0,05 % раствора ОП-10, систематический контроль за содержанием ПАВ в продукции добывающих скважин не выявил заметных концентраций ПАВ. Значительные потери активного вещества в пласте многие авторы связывают с адсорбционными и деструкционными процессами, происходящими после закачки ПАВ в пласт.

Современные представления о механизме вытеснения нефти из пористой среды с применением ПАВ

В процессе вытеснения нефти поверхностно-активные вещества оказывают влияние на следующие взаимосвязанные факторы: межфазное натяжение на границе «нефть – вода» и поверхностное натяжение на границах «вода – порода» и «нефть – порода», обусловленное их адсорбцией на этих поверхностях раздела фаз. Кроме того, действие поверхностно-активных веществ проявляется в изменении избирательного смачивания поверхности породы водой и нефтью, разрыве и отмытии с поверхности пород плёнки нефти, стабилизации дисперсии нефти в воде, приросте коэффициентов вытеснения нефти водной фазой при принудительном вытеснении и при капиллярной пропитке, в повышении относительных фазовых проницаемостей пористых сред.

Плёночная нефть может покрывать гидрофобную часть поверхности пор пласта в виде тонкого слоя, либо в виде прилипших капель, удерживаемых силами адгезии W_a . Работа силы адгезии, необходимая для удаления плёночной нефти с единицы поверхности пор в водную фазу, заполняющую поры, определяется уравнением Дюпре:

$$W_a = \sigma_{нв} + \sigma_{еп} - \sigma_{нп}, \quad (1)$$

где $\sigma_{нв}$, $\sigma_{еп}$, $\sigma_{нп}$ – свободная поверхностная энергия границ раздела фаз «нефть – вода», «вода – порода» и «нефть – порода» соответственно.

Добавка к воде поверхностно-активных веществ приводит к изменению соотношения значений свободной поверхностной энергии благодаря адсорбционным процессам ПАВ на межфазных границах раздела. При этом межфазное натяжение, как правило, уменьшается.

Адсорбция ПАВ на гидрофобных участках поверхности пор, которые могут существовать в результате хемосорбции некоторых компонентов нефти, приводит к сни-

жению ОВП и увеличению АНП в соответствии с правилом ориентации дифильных молекул. Данные обстоятельства и способствуют отделению нефти от поверхности.

На гидрофильных участках поверхности пор адсорбция ПАВ, наоборот, приводит к увеличению ОВП и снижению АНП, т.е. к непроизводительным потерям ПАВ, и способствует прилипанию капель нефти к этим участкам.

Таким образом, для гидрофобных поверхностей ПАВ должны проявлять высокую поверхностную активность на границе раздела сред «нефть – вода» и «вода – порода» и ограничивать адсорбцию на гидрофильных участках поверхности пород.

Капиллярно-удерживаемая нефть в обводнённых пластах заполняет пространство в виде капель или участков, разделённых пространством, заполненным водой.

На границах раздела существуют мениски, создающие капиллярное давление

$$p = \sum_1^n \left(\frac{+2\sigma}{R_i} \right), \quad (2)$$

где n – число менисков; R_i – эффективные радиусы кривизны менисков; «+» – означает противоположное направление давления выпуклых и вогнутых менисков по отношению к потоку.

В неподвижном состоянии противоположно направленные давления менисков компенсируются. В вытесняющем потоке под действием перепада внешнего давления мениски деформируются по закону упругости так, что возникает составляющая капиллярного давления, направленная противоположно потоку, наблюдается эффект Жамена:

$$p = \sum 2\sigma \cdot \left(\frac{1}{R_i} - \frac{1}{R_j} \right), \quad (3)$$

где R_i и R_j – эффективные радиусы кривизны выпуклых и вогнутых (к потоку) менисков соответственно.

Основной механизм в процессах добычи нефти с применением ПАВ заключается в снижении поверхностного натяжения на границе раздела вытесняющей и вытесняемой жидкостей до очень низких значений, при которых капиллярно-удерживаемая нефть становится подвижной.

Габер, Мелроуз, Бардон и Лонжерон исследовали влияние так называемого безразмерного капиллярного числа на снижение остаточной нефтенасыщенности. Капиллярное число выражалось уравнением:

$$K = \frac{\mu_e \cdot v}{m \cdot t}, \quad (4)$$

где μ_e – динамическая вязкость воды; v – линейная скорость фильтрации; m – пористость; t – свободная поверхностная энергия границ раздела «вода – нефть».

Экспериментально показано, что для достижения значительного снижения остаточной нефтенасыщенности капиллярное число должно быть не менее 10^{-3} . Для сравнения заметим, что при обычном заводнении указанный параметр имеет значение 10^{-6} . Следовательно, значение поверхностного натяжения должно быть снижено в 1000 раз, чтобы увеличить значения капиллярного числа до 10^{-3} .

В работах российских и зарубежных учёных отмечено, что состояние глобул нефти в поровом пространстве определяет критическое значение фильтрационных параметров, равное $\Delta p = \frac{r}{2 \cdot \sigma}$, здесь Δp – перепад давлений; r – радиус канала фильтрации; σ – поверхностное натяжение. При значениях Δp ниже критических глобула нефти сохраняет равновесный размер и не может быть вытеснена из поры. Для эффективного вытеснения нефти необходимо превышение критического значения градиента давления или уменьшение поверхностного натяжения. Анализ уравнения Лапласа

для глобулы нефти, содержащейся в единой поре, показал, что падение давления вдоль поры напрямую зависит от геометрии поры, поверхностного натяжения и фальности породы.

Для вытеснения нефти из гидрофобного коллектора требуется достижение либо большего перепада давления, чем для гидрофильного, либо большего снижения поверхностного натяжения. В зависимости от природы нефтенасыщенного порового пространства требуется достижение различных значений межфазного натяжения. Так, для гидрофобного карбонатного коллектора межфазное натяжение равно 0,002 мН/м, для гидрофильного – 0,974 мН/м, а для терригенного гидрофильного коллектора – 0,0825 мН/м.

Итак, достижение заметного увеличения коэффициента вытеснения нефти за счёт снижения межфазного натяжения с применением доступных промышленных ПАВ возможно в гидрофильных карбонатных коллекторах.

Смачивающую способность ПАВ общепринято оценивать значением краевого угла избирательного смачивания. Однако более строгим критерием смачивающей способности ПАВ является энергия взаимодействия нефти с поверхностью породы, определяемая как работа адгезии нефти:

$$W = \sigma \cdot (1 - \cos \theta), \quad (5)$$

где σ – межфазное натяжение на границе раздела «нефть – водная фаза»; θ – краевой угол избирательного смачивания.

Чем меньше краевой угол избирательной смачиваемости, тем выше работа адгезии нефти и, следовательно, лучше смачивающая способность ПАВ.

Изменение смачиваемости зависит от химического состава породы, первоначального состояния поверхности и от массового соотношения гидрофильно-липофильного баланса. По характеристике смачиваемости карбонатные породы более гидрофобны, чем терригенные, что связано с ионным типом связей в кристаллической решётке, способствующих активному взаимодействию полярных компонентов нефти с породой и её гидрофобизации. При этом углы смачивания данных пород достигают 140–150°. Изменение смачиваемости твердой поверхности с гидрофобной на гидрофильную для карбонатных пород способствует улучшению отрыва плёнок и капель нефти, увеличению их подвижности, активизации капиллярного впитывания.

При вытеснении нефти растворами ПАВ последние могут диффундировать в значительных количествах в нефть. ПАВ адсорбируются асфальтенами нефти. Дисперсность асфальтенов меняется, в результате изменяются реологические свойства нефти. Контактная в пористой среде с нефтью, ПАВ способны переходить в нефть и существенно изменять её свойства. Впервые в работах В.В. Девликамова и его учеников сообщалось о диффузии в нефть ПАВ из водных растворов. Диффузию ионогенных ПАВ заметить не удалось.

Экспериментально В.В. Девликамовым и его учениками изучалась диффузия ПАВ ОП-10 из водных растворов в нефть, содержащую 4 % асфальтенов и 14 % силикагелевых смол. Установлено, что в статических условиях при длительном контакте одних и тех же навесок ПАВ и нефти коэффициент распределения ПАВ превысил 2 через 100 часов. В динамических условиях (т.е. раствор ПАВ заменялся через 24 часа) за 500 часов содержание ПАВ в нефти в 3 раза превысило его концентрацию в водном растворе.

Хорошо известно, что в состав нефти входят углеводороды – парафины и различные комплексные соединения, такие как смолы, асфальтены, оказывающие сильное влияние на вязкость нефти. Более того, нефть, содержащая значительное количество асфальтенов, имеет непостоянную вязкость. При большом количестве парафинов в нефти её вязкость тоже оказывается переменной, зависящей от скорости сдвига. Эти особенности реологических свойств нефти обусловлены коллоидным состоянием диспергированных в ней парафинов или асфальтенов. Течение таких жидкостей не подчиняется закону Ньютона и их принято называть аномальными.

Теми же авторами в работе изучалось влияние ПАВ на аномалии вязкости нефтей. Ими было определено влияние на реологические параметры нефти нефтераство-

римых ПАВ типов ОП-4, «Серapol-29», «Стеарокс-4», Неонол. Установлено, что аномалии вязкости нефти уменьшают нефтеотдачу пластов, способствуют образованию застойных зон и зон малоподвижной нефти, где фактические градиенты пластового давления оказываются меньшими или сравнимыми с градиентами динамического давления сдвига.

Из рассмотренного следует, что при вытеснении нефти водными растворами НПАВ часть активного вещества переходит в нефть. В результате этого происходит подавление аномалий вязкости нефти, приводящее к увеличению коэффициента вытеснения нефти из пористой среды.

Исследования по оценке потерь, разрушения и распределения ПАВ при вытеснении нефти из терригенных и карбонатных пород

Одной из важнейших причин низкой эффективности применения ПАВ являются большие потери активного реагента в призабойной зоне пласта.

Исходя из современных представлений о процессах, происходящих в пласте при закачке растворов ПАВ, потери ПАВ связаны со следующими явлениями:

- осаждение в результате взаимодействия с поливалентными ионами пластовой воды, входящими в состав глин и других минералов;
- переход в неподвижную нефть;
- адсорбция на породе;
- химическое, биологическое и механическое разрушения (деструкция).

Если проявления первых двух факторов можно устранить простым подбором компонентов композиции, то на процессы адсорбции оказывать влияние значительно сложнее. Для снижения адсорбции требуются особые технологические приёмы.

Адсорбция зависит от следующих факторов, характеризующих пластовую систему и состав закачиваемой рабочей композиции:

- химический состав породы-коллектора;
- средняя молекулярная масса ПАВ;
- рН пластовой воды и содержание двухвалентных ионов (кальций, магний);
- тип и химический состав ПАВ, состав пластовой нефти.

Для снижения адсорбции ПАВ в пласте могут быть использованы следующие технологические приёмы:

- правильный подбор средней молекулярной массы ПАВ;
- изменение рН рабочей композиции с ПАВ;
- предварительное подавление центров адсорбции на породе за счёт закачки «жертвенных» реагентов.

Далее следует уточнить понятие адсорбции ПАВ в пласте. Под адсорбцией понимают процесс перехода растворённого вещества из объёмной фазы в поверхностный слой, связанный с изменением поверхностной энергии слоя. Значение адсорбции определяет избыток массы (молекул) адсорбированного вещества на единицу поверхности слоя по сравнению с объёмом. Слой, образованный на поверхности раздела раствора ПАВ с другой средой – воздухом, жидкостью или твердым телом, состоящий из адсорбированных молекул ПАВ и характеризующийся повышенной концентрацией по сравнению с их концентрацией в объёмах обеих фаз, называется адсорбционным.

Вопросы адсорбции ПАВ весьма широко освещены во многих работах. Изучение процессов адсорбции ПАВ в разное время проводили многие видные учёные: из российских – П.А. Ребиндер, И.И. Кравченко, Г.А. Бабалян, А.Н. Фрумкин, Б.В. Ильин, П.Д. Шилов, из иностранных – Нернст, Гаруа, Ленгмюр и др. Адсорбционные явления представляют собой сложную совокупность физических, химических и физико-химических процессов. Природу адсорбции пытались описать многими теориями. Наиболее известны следующие: теория с позиций электрохимии, основанная на адсорбции полярных молекул, теория капиллярной конденсации; теория Юре-Гаркинса; теория молекулярной адсорбции Ленгмюра и др.

Известно, что на поверхности раздела между жидкостью и газом или несмешиваемыми жидкостями происходит адсорбция благодаря тому, что ПАВ состоит из водо- и нефтерастворимой групп. Так как гидрофильная группа характеризуется боль-

шей растворимостью в воде, чем гидрофобная, молекулы ПАВ ориентируются на поверхности «воздух – вода» на нефтерастворимую группу в воздухе и водорастворимую в воде. В зависимости от эффективности ПАВ межфазовая поверхность превращается в контакт «воздух – вода» и нефть. При этом уменьшаются силы молекулярного притяжения и в итоге поверхностное натяжение.

Способность ПАВ к адсорбции на границе раздела между жидкостью и твердым веществом влияет существенным образом на смачиваемость породы. Этому факту можно дать следующее, достаточно широко распространённое объяснение. При воздействии катионных ПАВ положительная растворимая группа адсорбируется отрицательными частицами силикатов, при этом нефтерастворимой группе обеспечивается смачивание. При использовании анионных ПАВ отрицательно заряженная водорастворимая группа отталкивается отрицательно заряженными частицами силиката, в этом случае ПАВ незначительно адсорбируется на силикате (песок, глина).

Для карбонатных пород картина совершенно иная. Известняк характеризуется положительным зарядом поверхности при рН от 0 до 8 и отрицательным при рН > 9,5. Поэтому в основном известняки и доломиты имеют положительный поверхностный заряд. В случае применения анионоактивных ПАВ, имеющих отрицательный поверхностный заряд, водорастворимая группа должна адсорбироваться положительно заряженными карбонатными частицами. В результате нефтерастворимая группа оказывает влияние на смачиваемость.

Представляют интерес исследования, выполненные Т.Н. Максимовой, с целью определения зависимости адсорбции НПАВ от длины пористой среды. Опыты проводились на насыпных водонасыщенных пористых средах с диаметром 1 см и длиной 1 и 3 м. В первой серии экспериментов использовался молотый кварцевый песок и ПАВ ОП-10, во второй – экстрагированный дезинтегрированный песчаник с размером зёрен менее 0,22 мм, приготовленный из обломков керна материала нескольких скважин Николо-Березовской площади и ПАВ Неонол АФ₉₋₁₂.

Растворы НПАВ нужной концентрации готовились на модели воды с плотностью 1,10 г/см³. Объёмный расход фильтрующейся жидкости составлял 6 см³/ч, температура опыта 23–25 °С. После достижения на выходе из пористой среды исходной концентрации НПАВ продолжали фильтрацию воды с целью изучения десорбции ПАВ.

Данные по адсорбции НПАВ, заимствованные из этой работы, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения адсорбции НПАВ

НПАВ	Массовая доля НПАВ в растворе, %	Длина модели пористой среды, м			
		1		3	
		адсорбировалось НПАВ, мг/г	десорбировалось НПАВ, мг/г	адсорбировалось НПАВ, мг/г	десорбировалось НПАВ, мг/г
ОП-10	0,05	0,51	0,38	0,23	0,13
Неонол АФ ₉₋₁₂	0,1	1,19	1,0	1,02	0,78

В обеих сериях опытов с увеличением длины пористой среды адсорбция НПАВ несколько снизилась. Передний фронт оторочки НПАВ проходит через более длинные пористые среды с некоторым опережением. Это, очевидно, свидетельствует о том, что на водонасыщенных пористых средах при небольших скоростях фильтрации процесс адсорбции НПАВ протекает в условиях, близких к равновесным, и длина пористой среды не играет существенной роли. Значение адсорбции, определённое при лабораторных исследованиях, будет значительно выше, чем в промысловых условиях.

Опыт закачки раствора ПАВ в пласты показывает, что фронт адсорбции реагента в пластах растянут. В этих условиях концентрация раствора ПАВ в скважинах будет возрастать медленно. Лабораторные исследования показывают, что при скоростях фильтрации, поддерживаемых при заводнении нефтяных залежей, зона адсорбции превышает область предельной адсорбции в 10 раз и более. В промысловых условиях

зону адсорбции можно определить, пробуравив оценочную скважину рядом с нагнетательной. Наблюдая за концентрацией раствора в оценочной и следующей за ней добывающей скважинах, можно по трём точкам установить изменения во времени концентрации ПАВ в водном растворе.

Провести специальные промысловые исследования по адсорбции весьма затруднительно, в этой связи представляют огромный научный интерес все материалы по данному вопросу.

Первые промысловые исследования адсорбции и десорбции ПАВ в промысловых условиях были проведены на Нагаевском Куполе Арланского месторождения в 1964 году. Здесь был создан очаг из пяти скважин, в центре – нагнетательная, добывающие находились от неё на расстоянии 100 м. Перед началом закачки 0,05 %-ного водного раствора ПАВ ОП-10 скважины давали практически чистую нефть. В первых же пробах воды было зафиксировано наличие ПАВ концентрацией до 5 % от исходной, т.е. 0,0025 %. После прокачки раствора ПАВ в количестве 2,4 объёма пор заводняемого пласта концентрация достигла 10–30 % от исходной. По этим данным расчётное значение адсорбции на породе не превышало 0,07 мг/г. Проведённые в 1968–1972 гг. промысловые эксперименты на Николо-Березовской площади в условиях более редкой сетки скважин показали содержание ПАВ в продукции добывающих скважин опытных участков до 2 % от исходной концентрации. В отдельных случаях выходная концентрация ПАВ в продукции добывающих скважин составляет 30 % от исходной. Расчётное значение адсорбции изменялось в пределах 0,01–0,02 мг/г породы. Приведённые сведения о раннем появлении ПАВ в добываемой продукции эксплуатационных скважин некоторые исследователи связывали с незначительным значением адсорбции ПАВ в пластовых условиях, не принимая во внимание многочисленные экспериментальные исследования, свидетельствующие о значительных потерях ПАВ за счёт адсорбционных процессов, происходящих на керновой породе в моделированных условиях пласта. Хотя вышеизложенное явление может иметь и другое объяснение, связанное со структурой и неоднородностью коллекторов, диффузией ПАВ в нефть и др.

При промысловом эксперименте по закачке ПАВ на Николо-Березовской и Вятской площадях Арланского месторождения в 1981–1983 гг. осуществлялся постоянный контроль за концентрацией ПАВ в добываемой продукции скважин. За это время заметных выходных концентраций ПАВ по опытным скважинам зафиксировано не было. Максимальная массовая доля ПАВ, которую удалось обнаружить на одной из скважин, составляла 0,01 и 0,008 %. В грандиозном эксперименте, проводимом в 1967–1983 гг. на Арланском месторождении, было выполнено 4992 анализа по выявлению ПАВ в воде добывающих скважин, причём ежегодно их количество возрастало. Так, в 1967 году было сделано 123, в 1980 году – 602 анализа, а в 1982 году – 929 анализов. Результаты анализа этих материалов показали, что обнаруженная концентрация ПАВ в добываемой продукции добывающих скважин не превышала фоновых значений.

Литература:

1. Галеев Р.Г. Повышение выработки трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья. – М. : КУБК-а, 1997. – 351 с.
2. Муслимов Р.Х., Шавалеев А.М., Хисамов Р.Б., Юсупов И.Г. Геология, разработка и эксплуатация Ромашкинского нефтяного месторождения. – М. : ВНИИОЭНГ, 1995. – Т. II. – 286 с.
3. Сургучёв М.Л., Горбунов А.Т., Забродин Д.П. Методы извлечения остаточной нефти. – М. : Издательство Недр, 1991. – 347 с.
4. Григорашенко Е.И., Зайцев Ю.В., Кукин В.В. Применение полимеров в добыче нефти. – М. : Издательство Недр, 1978. – 213 с.
5. Бабалаян Г.А., Тумасян А.Б., Леви Б.И. Разработка нефтяных месторождений с применением поверхностно-активных веществ. – М. : Издательство Недр, 1983. – 216 с.
6. Сургучёв М.Л., Швецов В.А., Сурина В.В. Применение мицеллярных растворов для увеличения нефтеотдачи пластов. – М. : Издательство Недр, 1977. – 120 с.
7. Сургучёв М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. – М. : Издательство Недр, 1985. – 235 с.
8. Эффективность вытеснения нефти раствором поверхностно-активного вещества. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/3c0a65635b2ac68a4c53a88521306d36_0.html

9. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Буков Н.Н., Ганоцкая Е.Д., Панюшкин В.Т. О возможности использования низкоминерализованной воды для повышения нефтеотдачи месторождений Краснодарского края // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М. : Издательство Горная книга, 2014. – № 8. – С. 331–339.
10. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Буков Н.Н., Ганоцкая Е.Д., Панюшкин В.Т. О возможности использования электрокоагуляции для деминерализации возвратных пластовых вод нефтяных месторождений Краснодарского края // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М. : Издательство Горная книга, 2014. – № 8. – С. 340–345.
11. Ганиев Р.Р. Технология повышения нефтеотдачи пластов на основе ПАВ // Нефтепромышленное дело, 1994. – № 5. – С. 8–10.
12. Муслимов Р.Х., Галеев Р.Г., Сулейманов Э.И. О комплексной системе разработки трудноизвлекаемых запасов нефти // Нефтяное хозяйство, 1995. – № 12. – С. 26–34.
13. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Трудноизвлекаемые запасы углеводородов, важные ресурсы на территории Федеративной Республики Нигерия // Журнал «Современное состояние естественных и технических наук». – М. : Издательство «Спутник+», 2015. – Вып. XXI. – С. 41–46.
14. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Характеристика причин возникновения трудностей при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами на территории федеративной республики Нигерия // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – № 2. – С. 90–94.
15. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Тяжёлая нефть, сточные воды и их управление на территории Федеративной Республики Нигерии // Инновационные технологии по обезвреживанию и утилизации отходов нефтегазовой отрасли: электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции (16 октября 2015 года, г. Краснодар). – Краснодар : ООО «ПринтТерра», 2016. – С. 105–110.
16. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Анализ природно-геологических условий залегания месторождений с трудноизвлекаемыми запасами на территории федеративной республики Нигерии // Ежемесячное научное издание «Евразийский научный журнал». – СПб. : «Редакция Евразийского научного журнала», 2015. – № 12 (декабрь 2015). – С. 354–359.
17. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В., Мойса Ю.Н. Классификация трудноизвлекаемых запасов на территории Федеративной Республики Нигерии // Научно-методический журнал «Наука, техника и образование». – М. : Издательство «Проблемы науки», 2015. – № 11 (17). – С. 18–21.
18. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Оценка предлагаемых технологических решений при разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами на территории Федеративной Республики Нигерии // Научно-практический журнал «Аспирант». – Ростов-на-Дону, 2015. – № 11/2015. – С. 31–36.
19. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Освоение битуминозной нефти на территории Федеративной Республики Нигерии : Молодой учёный: вызовы и перспективы / сборник статей по материалам II Международной заочной научно-практической конференции (секция 18: Технологии). – М. : Издательство «Интернаука», 2015. – № 2 (2) Декабрь. – С. 309–316.
20. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Процесс моделирования фильтрации пластовых флюидов с учётом ствола скважин при добыче трудноизвлекаемых запасов углеводородов на территории Федеративной Республики Нигерии // Научно-практический журнал «Заметки учёного». – Ростов-на-Дону, 2015. – № 6/2015. – С. 39–45.
21. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Очистка и утилизация сточных вод при добыче трудноизвлекаемых запасов углеводородов на территории Федеративной Республики Нигерии // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – № 4. – С. 72–75.
22. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В., Адаоби Стефине Нвоси – Анеле. Диверсификация экономики Нигерии с битумом и тяжёлой нефтью : Булатовские чтения / материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах : сборник статей под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 105–108. – URL : <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-105-108.pdf>
23. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Изучение фильтрационно-емкостных характеристик битуминозного месторождения Yegbata на юго-западе Нигерии / Материалы X Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых» (24–26 октября 2017 года, г. Пермь). Секция 1 Геология, поиск и разведка месторождений нефти и газа. – Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2017. – С. 26–29.

24. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В. Комбинированные способы разработки битуминозных месторождений в Нигерии // Материалы X Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых» (24–26 октября 2017 года, г. Пермь). Секция 2 Бурение нефтяных и газовых скважин. – Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2017. – С. 114–116.

25. Нвизуг-Би Лейи Ключерт, Савенок О.В., Мойса Ю.Н. СЕМ-ЭДС-характеризация битуминозных песчаников на юго-западе Нигерии // Научно-технический журнал «Нефть. Газ. Новации». – Самара : ООО «Редакция журнала «Нефть. Газ. Новации», 2017. – № 10. – С. 14–16.

26. Нвизуг-Би Лейи Ключерт. Анализ методов разработки месторождений высоковязких нефтей и природных битумов // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – № 1. – С. 168–188.

27. Савенок О.В. Разработка и совершенствование специальных тампонажных составов для предупреждения и ликвидации осложнений при бурении и эксплуатации нефтяных и газовых скважин : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Краснодар : ОАО «НПО «Бурение», 2002. – 198 с.

28. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Likhacheva O.N., Barambonye Solange, Kusov G.V. Cleaning returnable wastewater from Dysh deposit located in Krasnodar territory // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 23 (2017), pp. 13462–13470. – URL : http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n23_61.pdf

29. Nwizug-bee Leyii Kluivert, Savenok O.V., Moisa Yu.N., Ivanov D.Yu. Physical and Chemical impacts on Bituminous core samples under Thermobaric conditions on a deposit in South Western Nigeria // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 12, Number 23 (2017), pp. 13788–13795. – URL : http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n23_98.pdf

References:

1. Galeev R.G. Increase in development of hardly removable reserves of hydrocarbonic raw materials. – M. : CUP, 1997. – 351 p.
2. Muslimov R.H., Shavaleev A.M., Hisamov R.B., Yusupov I.G. Geology, development and operation of the Romashkinsky oil field. – M. : VNIIOENG, 1995. – Т. II. – 286 p.
3. Surguchyov M.L., Gorbunov A.T., Zabrodin D. P. Methods of extraction of residual oil. – M. : Publishing house Nedra, 1991. – 347 p.
4. Grigorashchenko E.I., Zaytsev Yu.V., Kukin V.V. Use of polymers in oil production. – M. : Publishing house Nedra, 1978. – 213 p.
5. Babalyan G.A., Tumasyan A.B., Levi B.I. Development of oil fields with use of surfactants. – M. : Publishing house Nedra, 1983. – 216 p.
6. Surguchyov M.L., Shvetsov V.A., Surina V.V. Use of micellar solutions for increase in oil recovery of layers. – M. : Publishing house Nedra, 1977. – 120 p.
7. Surguchyov M.L. Secondary and tertiary methods of increase in oil recovery of layers. – M. : Publishing house Nedra, 1985. – 235 p.
8. Efficiency of replacement of oil by solution of surfactant. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/3c0a65635b2ac68a4c53a88521306d36_0.html
9. Antoniadi D.G., Savenok O.V., Beeches N.N., Ganotskaya E.D., Panyushkin V.T. About a possibility of use of the low-mineralized water for increase in oil recovery of fields of Krasnodar Krai // the Mountain information and analytical bulletin (the scientific and technical magazine). – M. : Publishing house Mountain book, 2014. – No. 8. – P. 331–339.
10. Antoniadi D.G., Savenok O.V., Beeches N.N., Ganotskaya E.D., Panyushkin V.T. About a possibility of use of electrothermic coagulation for demineralization of returnable reservoir waters of oil fields of Krasnodar Krai // the Mountain information and analytical bulletin (the scientific and technical magazine). – M. : Publishing house Mountain book, 2014. – No. 8. – P. 340–345.
11. Ganiyev P.P. Technology of increase in oil recovery of layers on a basis surfactant // Oil-field business, 1994. – No. 5. – P. 8–10.
12. Muslimov R.H., Galeev R.G., Suleymanov E.I. About the complex system of development of hardly removable reserves of oil // Oil economy, 1995. – No. 12. – P. 26–34.
13. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Hardly removable reserves of hydrocarbons, important resources in the territory of the Federal Republic of Nigeria // the «Sovremennoye Sostoyaniye Estestvennykh I Tekhnicheskikh Nauk» Magazine. – M. : Satellite+ publishing house, 2015. – Issue XXI. – P. 41–46.
14. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. The characteristic of the causes of difficulties when developing fields with hardly removable stocks in the territory of the Federal Republic of Nigeria // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Краснодар : Publishing house – the South, 2015. – No. 2. – P. 90–94.

15. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Heavy oil, sewage and their management in the territory of the Federal Republic of Nigeria // Innovative technologies for neutralization and recycling of oil and gas branch : the electronic collection of scientific articles on materials of the international scientific and practical conference (on October 16, 2015, Krasnodar). – Krasnodar : LLC Printterra, 2016. – P. 105–110.
16. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. The analysis of natural and geological conditions of bedding of fields with hardly removable stocks in the territory of the federal republic of Nigeria // the Monthly scientific publication «Euroasian Scientific Magazine». – SPb. : «Editorial office of the Euroasian scientific magazine», 2015. – No. 12 (December, 2015). – P. 354–359.
17. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V., Moysa Yu.N. Classification of hardly removable stocks in the territory of the Federal Republic of Nigeria // the Scientific and methodical magazine «Nauka, Tekhnika I Obrazovaniye». – M. : Science Problems publishing house, 2015. – No. 11 (17). – P. 18–21.
18. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Assessment of the offered technological decisions when developing fields with hardly removable stocks in the territory of the Federal Republic of Nigeria // the Scientific and practical magazine «Aspirant». – Rostov-on-Don, 2015. – No. 11/2015. – P. 31–36.
19. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Development of bituminous oil in the territory of the Federal Republic of Nigeria : Young scientist: calls and the prospect / collection of articles on materials II of the International correspondence scientific and practical conference (section 18: Technologies). – M. : Internauka publishing house, 2015. – No. 2 (2) December. – P. 309–316.
20. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Process of modeling of filtration of formation fluids taking into account a trunk of wells at production of hardly removable reserves of hydrocarbons in the territory of the Federal Republic of Nigeria // the Scientific and practical magazine «uchyonogo Zametki». – Rostov-on-Don, 2015. – No. 6/2015. – P. 39–45.
21. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Cleaning and utilization of sewage at production of hardly removable reserves of hydrocarbons in the territory of the Federal Republic of Nigeria // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2015. – No. 4. – P. 72–75.
22. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V., Adaobi Stefiniye Nvosi – To Anella. Diversification of economy of Nigeria with bitumen and heavy oil : Bulatovsky readings / materials the I International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes: the collection of articles under a general edition of the Dr.Sci.Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 2: Development of oil and gas fields. – P. 105–108. – URL : <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-105-108.pdf>
23. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Studying of filtrational and capacitor characteristics of the bituminous Yegbata field in the southwest Nigeria / Materials X of the All-Russian scientific and technical conference «Problems of Development of Fields of Hydrocarbonic and Ore Minerals» (on October 24–26, 2017, Perm). Section 1 Geology, search and investigation of oil and gas fields. – Perm : Publishing house of the Perm national research polytechnical university, 2017. – P. 26–29.
24. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V. Combined methods of development of bituminous fields in Nigeria // Materials X of the All-Russian scientific and technical conference «Problems of Development of Fields of Hydrocarbonic and Ore Useful Minerals» (on October 24–26, 2017, Perm). Section 2 Drilling of Oil and Gas Wells. – Perm : Publishing house of the Perm national research polytechnical university, 2017. – P. 114–116.
25. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert, Savenok O.V., Moysa Yu.N. This-EMF-characterization of bituminous sandstones in the southwest of Nigeria // the Scientific and technical magazine «Oil. Gas. Innovations». – Samara : LLC Editorial Office of the Magazine Neft. Gaz. Novatsii, 2017. – No. 10. – P. 14–16.
26. Nvizug-Bee Leyi Klyuvert. Analysis of methods of development of fields high-viscosity neftly and natural bitumens // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – No. 1. – P. 168–188.
27. Savenok O. V. Razrabotka and improvement of special grouting structures for prevention and elimination of complications during the drilling and operation of oil and gas wells: the thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences. – Krasnodar : JSC NPO Bureniye, 2002. – 198 p.
28. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Likhacheva O.N., Barambonye Solange, Kusov G.V. Cleaning returnable wastewater from Dysh deposit located in Krasnodar territory // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 23 (2017), pp. 13462–13470. – URL : http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n23_61.pdf
29. Nvizug-bee Leyii Kluivert, Savenok O.V., Moisa Yu.N., Ivanov D.Yu. Physical and Chemical impacts on Bituminous core samples under Thermobaric conditions on a deposit in South Western Nigeria // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 12, Number 23 (2017), pp. 13788–13795. – URL : http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n23_98.pdf

УДК 502.1

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, СВЯЗАННЫЕ С ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ENVIRONMENTAL RISKS RELATED TO OPERATION OF OIL FIELDS

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Аннотация. В целях управления экологической безопасностью для выполнения задач, сформулированных в Законе РФ «Об основных принципах (стратегии) и государственной экологической политике на период до 2020 года», проблема оценки техногенного воздействия становится всё более актуальной. Работы многих авторов создали методологические и теоретические предпосылки дальнейшего развития оценки и моделирования экологических рисков с учётом техногенного загрязнения атмосферы для управления экологической безопасностью. Вместе с тем, возникает необходимость дальнейшего совершенствования механизмов управления эколого-экономической безопасностью техногенно нагруженных регионов, промышленных центров и городов. Целью статьи является анализ современных методов оценки экологических рисков, связанных с эксплуатацией нефтяных месторождений.

Ключевые слова: экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений; потенциальный экологический риск; реальный экологический риск; количественные показатели риска; оценка экологических рисков; факторы экологического риска; экономическая оценка экологического риска.

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of chemical sciences,
Associate professor,
Associate professor
of chemistry department,
Kuban state technological university
larispv08@gmail.com

Annotation. In order to manage environmental safety in order to fulfill the tasks set forth in the Russian Federation Law «On Basic Principles (Strategy) and State Environmental Policy for the Period to 2020», the problem of assessing the man-made impact is becoming more urgent. The work of many authors created methodological and theoretical prerequisites for the further development of assessment and modeling of environmental risks, taking into account the technogenic pollution of the atmosphere for the management of environmental safety. At the same time, there is a need to further improve the mechanisms for managing the environmental and economic security of technologically stressed regions, industrial centers and cities. The purpose of the article is to analyze modern methods for assessing environmental risks associated with the exploitation of oil fields.

Keywords: environmental risks related to operation of oil fields; potential environmental risk; real environmental risk; quantitative indicators of risk; environmental risk assessment; environmental risk factors; economic assessment of environmental risk.

Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений

Под экологическим риском понимается вероятность неблагоприятных для окружающей среды последствий любых изменений природных объектов и факторов. Риск рассматривается как вероятность возникновения чрезвычайных событий в определённый промежуток времени, выраженная количественными параметрами. Чаще рассматривается техногенный аспект экологического риска – вероятность возникновения техногенных аварий, которые могут нанести существенный вред окружающей среде или здоровью людей. Одни риски конкретные, другие не могут быть конкретно определены. Существуют профессиональные риски – опасность профессиональных заболеваний.

Экологический риск часто рассматривают в двух аспектах – потенциальный риск и реальный риск. Потенциальный экологический риск – это явление опасности нарушения отношений живых организмов с окружающей средой в результате действия природных или антропогенных факторов. Реальный экологический риск образуется потенциальным с учётом вероятной частоты его реализации. По характеру проявления экологический риск может быть внезапным (техногенная авария, землетрясение и т.п.) и медленным (смещение, подтопления, эрозия и т.д.).

Оценка риска – это анализ причин его возникновения и масштабов проявления в конкретной ситуации. Опасность возникновения техногенных аварий, значительных по своим последствиям, больше связывают с химическими и нефтехимическими предприятиями, атомными и тепловыми электростанциями, шахтами, канализационными

сооружениями. Вероятность возникновения техногенных аварий в значительной степени определяется эффективностью природоохранной деятельности. Отечественные эксперты считают, что для России риск возникновения экологических аварий напрямую зависит от трёх групп факторов и описывается регрессионным уравнением:

$$R = 6,77 - 0,56 \cdot X_1 - 0,43 \cdot X_2 - 0,27 \cdot X_3,$$

где X_1 – эффективность экологической политики местных органов власти; X_2 – капитальные вложения в ресурсосберегающее и природоохранное оборудование; X_3 – эффективность реализации экологических государственных программ.

В свою очередь, действенность такой политики (X_1) обуславливается, прежде всего, принятием местными Советами эффективных нормативных решений, регулирующих вопросы охраны окружающей среды. В группе факторов X_2 ведущая роль принадлежит обеспечению экономического стимулирования экологических мероприятий.

Экологические риски при бурении скважин. Опыт работы крупных оффшорных проектов по добычи нефти и газа показывает, что данный вид деятельности сопровождается большим количеством выбросов: в атмосферу, морскую среду и т.д. Даже после прекращения добычи нефти или газа на месторождении, экологические риски по-прежнему остаются.

Бурение скважин начинается уже на этапе геолого-геофизических изысканий в тех районах, где сейсмические съемки указывают на наличие нефтегазоносных структур. Практически все этапы и операции разведки и добычи углеводородов сопровождаются сбросом жидких и твёрдых отходов. Объёмы этих сбросов достигают 5000 м³ на каждую пройденную скважину в виде отработанных буровых растворов и шламов, представляющих собой выбуренные в скважине горные породы.

В жидкие отходы входит огромное число токсичных примесей, необходимых для слаженной работы бурового оборудования, тяжёлых металлов, которые накапливаются из выработок горных пород, а также глинистых взвесей, повышающих мутность воды в местах сброса. Большую опасность представляет использование буровых растворов на нефтяной основе. Шламы, пропитанные таким раствором, являются главным источником нефтяного загрязнения при буровых работах.

Другим значимым источником загрязнения является сброс пластовых вод, поступающих из скважин. Их состав отличается не только высоким содержанием нефтяных углеводородов, тяжёлых металлов, но и аномальной минерализацией, которая обычно выше солёности морской воды. Это может быть причиной нарушения гидрохимического режима в районе сброса пластовых вод. Кроме того, в их составе присутствуют природные радионуклиды, которые при контакте с морской водой выпадают в осадок и образуют локальные микроскопления. Чем дольше месторождение эксплуатируется, тем больше пластовой воды образуется. Пластовая вода может быть возвращена в море с или без предварительной очистки, или закачана обратно в естественные резервуары (скважины).

Согласно российскому законодательству отработанный буровой раствор и другие отходы должны накапливаться и транспортироваться для последующей обработки или же проходить специальную очистку перед сбросом за борт. Зачастую же эти меры предосторожности обходят стороной. В настоящее время отсутствуют эффективные технологии переработки нефтепродуктов, а специализированные хранилища – переполнены.

Локальное воздействие отходов одной скважины отмечается в радиусе 3–5 км, но если количество скважин достаточно велико, то их негативное влияние может «накрыть» целую рыбопромысловую банку. Например, по данным Норвежского института морских исследований, скудность экосистемы Северного моря является результатом нефтегазовой деятельности.

Аварийные разливы нефти. Разработка нефтегазовых месторождений, также как и транспортировка углеводородного сырья, сопровождается аварийными разливами нефти или химических веществ. К наиболее частым причинам аварий относятся выход оборудования из строя, ошибки персонала и экстремальные природные условия. Экологические последствия аварийных выбросов приобретают особенно тяжёлый характер, когда происходят вблизи берегов или в районах с замедленным водообменом.

Аварии при буровых работах представляют собой неожиданные залповые выбросы жидких и газообразных углеводородов из скважины в процессе бурения при вскрытии зон с аномально высоким пластовым давлением. В редких случаях при очень больших перепадах давления авария будет иметь длительный катастрофический характер, и для остановки выбросов придется бурить наклонные скважины.

Другая группа аварий включает регулярные «нормальные» выбросы, которые можно остановить в течение нескольких часов без дополнительного бурения. Опасность таких выбросов заключается как раз в их регулярности, приводящей, в конечном счёте, к хроническому воздействию на морскую среду.

Разовые или систематические разливы нефти могут привести к серьёзным нарушениям функционирования морской экосистемы:

- ухудшение химического состава воды и её физических показателей (прозрачность, температура и т.д.);
- гибель живых организмов в результате попадания нефтепродуктов на поверхностные слой кожи и оперение;
- вынужденное изменение маршрутов миграции, линьки, гнездования и нереста и т.д.

Выбросы в атмосферу. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу всегда сопровождают любые нефтяные промыслы. Наиболее распространённым источником таких выбросов являются сжигание попутного газа и избыточных количеств углеводородов в ходе опробования и эксплуатации скважин.

По некоторым оценкам, до 30 % сжигаемых в факелах углеводородов выбрасывается в атмосферу и затем выпадает на морскую поверхность, образуя относительно неустойчивые тонкие плёнки вокруг буровых платформ. Выбросы «парниковых» газов. Нефтегазовая деятельность вносит значительный вклад в процесс изменения климата посредством выброса большого количества таких «парниковых» газов, как CO_2 и CH_4 . Основное количество данных выбросов происходит в результате сжигания нефти или газа для производства энергии, необходимой для функционирования уставленной на месторождении добычной платформы, а также при сжигании попутного газа.

Выбросы NO_x образуются при сжигании попутного газа и газа в турбинах, необходимых для получения энергии. Влияние данного вида выбросов локально, однако может нанести серьёзный экологический ущерб береговым экосистемам, так как большое содержание данного вещества в атмосфере может привести к «кислотным дождям».

Выбросы nmVOC (летучие органические углеводы неметанового ряда) образуются в результате испарения сырой нефти при её хранении или перегрузке на терминалы. Когда nmVOC вступают в реакцию с NO_x под воздействием солнца, образуется озон. Высокие концентрации озона в приземном слое могут нанести вред здоровью людей, растительности, строениям.

Оценка экологических рисков, связанных с эксплуатацией нефтяных месторождений, и их предотвращение

Развитая промышленность и инфраструктура, увеличение количества автотранспорта, размещение большого количества промышленных объектов на небольшой территории приводит к повышенной техногенной нагрузке на окружающую среду, вызывая её изменение и преобразование.

Формирование экономического механизма природопользования предусматривает учёт последствий от возможных эколого-экономических рисков, возникновение которых инициируют процессы антропогенной деятельности. Для оценки техногенной нагрузки нами предложена концепция порогового воздействия техногенных объектов на компоненты природной среды. Оценка техногенной нагрузки в общем виде включает процесс идентификации, оценки и прогнозирования негативного воздействия на окружающую среду и/или здоровье людей в результате функционирования промышленных и других производств и объектов, которые могут представлять опасность для населения и окружающей среды после достижения определённой величины, которую можно назвать «порогом техногенной нагрузки».

Оценка риска является инструментом управления экологической безопасностью. Экологическая оценка риска определяется как процесс, который оценивает вероятность проявления неблагоприятных экологических последствий, которые вызыва-

ют стресс и, в конце концов, деградацию экосистем или ухудшение показателей здоровья населения в районах с повышенной техногенной нагрузкой. Процедуру проведения анализа экологического риска, который обусловлен загрязнением окружающей среды, можно разбить на два этапа: оценка риска и управление риском. Обобщённая оценка риска включает идентификацию факторов опасности и определения степени данного негативного воздействия по уровню эффектов на здоровье человека и на состояние окружающей среды. При управлении риском решаются задачи регулирования эффектов воздействия на человека и окружающую среду, экономический блок которых базируется на анализе эффективности мероприятий по уменьшению величины эффектов до определённого уровня.

В зависимости от цели и масштаба работы, данных и средств можно выполнить отдельные этапы (скрининговый анализ) или полный комплекс оценки риска. Например, в случае необходимости определения размеров опасности, создаваемой одним или несколькими вредными факторами окружающей среды, применяется оценка риска, обусловленного действием этих факторов. Если стоит задача выбора технических решений различной стоимости, позволяющих снизить риск от выбросов любого источника, необходимо использовать экономические подходы риск-менеджмента. Сравнительный анализ риска ориентирует пользователей, как в условиях ограниченности средств выбрать приоритетную и более простую для решения проблему из всех возможных.

Оценка и анализ экологических рисков вследствие постоянной техногенной нагрузки или аварийных ситуаций, имеющих негативные экологические и экономические последствия, позволяют оценить количественные показатели риска в виде:

- 1) ущерба природным экосистемам;
- 2) экономических потерь в виде ускоренного износа агрегатов, сооружений, установок;
- 3) социально-экономического ущерба здоровью населения, вызванного повышенным загрязнением окружающей среды;
- 4) дополнительных расходов на ликвидацию последствий аварий и катастроф.

Количественное значение используемых экономических критериев зависит от факторов экологического риска. В целом экономическая оценка экологического риска проводится на основе расчёта ущерба и выгоды от потенциальных или реальных изменений состояния окружающей среды вследствие техногенной нагрузки. Данная оценка базируется на анализе двух основных аспектов – состояния реципиентов воздействия и характеристики техногенного воздействия.

Под экономическим ущербом от нарушения среды следует понимать стоимостное выражение фактических и возможных потерь, которые нанесены экономическим субъектам в результате экодеструктивного воздействия.

Разные страны в зависимости от национальных особенностей, имеющих ресурсы и других факторов проводят оценку эколого-экономических рисков с помощью различных механизмов. Например, в Нидерландах, США и ряде других стран используется принцип, суть которого заключается в том, что в регионе устанавливается общая допустимая норма выбросов того или иного загрязняющего вещества. В рамках такой нормы должно быть урегулировано распределение общего допустимого объёма выброса между предприятиями, а также распределение объёма выброса каждого предприятия между отдельными источниками загрязнения. Концепция экологического риска связывает прирост расходов на охрану окружающей среды с ожидаемой величиной снижения потерь, которые определяются не по установленному нормативу выброса, а по уровню риска, который вызван постоянным наличием загрязнителя в окружающей среде, и соответствующего экономического ущерба. При этом за основной показатель потерь берётся здоровье человека, т.е. критерием чистоты окружающей среды являются не нормативные уровни содержания загрязнений, а отсутствие заболеваний, вызванных экологическими факторами.

Преимуществом в расчёте экономической оценки ущерба окружающей среде на основе теории экологического риска по сравнению с нормативным подходом является стремление получить максимальный эффект за счёт более полного (комплексного) учёта потерь от загрязнения окружающей среды, приведённых к одному реципиенту-человеку или экосистеме, и выбора рациональной структуры вложения ресурсов в деятельность по его охране и восстановлению.

Наиболее эффективными являются оценки риска на стадии проектирования и размещения опасного объекта, при обосновании и оптимизации мер безопасности, при анализе опасностей возможных аварий для людей, природной среды и имущества.

Как количественный показатель риска целесообразно использовать показатель, который одновременно учитывает две характеристики неблагоприятного события – вероятность его наступления и величину нанесённого им ущерба. Математическая модель экологического риска, которая описывается с помощью экономического механизма, в общем виде представлена как:

$$EcoRisk = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q P_{ij}(R) \cdot E_{ijk} ,$$

где $EcoRisk$ – экологический риск, обусловленный техногенным воздействием, руб./ч; n – количество потенциальных техногенных факторов (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сброс в водные объекты, загрязнение почв, размещение токсичных отходов и т.д.); m – количество зон экологического риска; q – степень нарушенности экосистемы или степень ухудшения показателей здоровья населения в техногенно нагруженном регионе; $P_{ij}(R)$ – потенциальный риск возникновения экологической опасности вследствие техногенного воздействия для реципиента R ; E_{ijk} – эколого-экономический ущерб, руб.

Известны способы экономической оценки экологического риска путём расчёта удельных показателей техногенной нагрузки, который приводит к возникновению экологических рисков. В этом случае экологическая нагрузка применяется как инструмент экономической оценки экологической безопасности, применение и задание уровня которого вызывает затраты на компенсирующие меры, зависящие от конкретной экологической ситуации, конкретных мер и возможности реализации.

В целях принятия превентивных и профилактических мер, направленных на снижение экологической аварийности на объектах нефтегазового комплекса, предлагается руководителям территориальных органов Ростехнадзора: проанализировать материалы о состоянии аварийности и травматизма на объектах нефтегазового комплекса с инспекторским составом и довести информацию до руководителей подконтрольных организаций.

При проведении проверок:

- усилить контроль за выполнением поднадзорными организациями мероприятий по устранению нарушений требований промышленной безопасности, а также по финансированию указанных мероприятий и сокращению сроков приведения опасных производственных объектов в соответствие с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности;
- обратить особое внимание на наличие и выполнение организациями планов проведения диагностирования оборудования в установленные сроки; своевременного вывода из эксплуатации дефектного оборудования и его замены; обеспечение производственного контроля за качеством проводимых ревизий, ремонтов оборудования, экспертиз промышленной безопасности;
- включить в состав проверочных мероприятий вопросы соблюдения производственным персоналом организаций технологических регламентов, инструкций по безопасному проведению ремонтных, газоопасных, огневых работ и иной эксплуатационной документации. При выявлении случаев нарушения требований инструкций при выполнении работ повышенной опасности или выполнения ремонтных работ на действующем или неподготовленном к таким работам оборудовании, принимать жесткие меры административного воздействия к должностным лицам, ответственным за проведение указанных работ, вплоть до их дисквалификации;
- обеспечить проверку внедрения на объектах 1 и 2 классов опасности систем управления промышленной безопасностью, а также анализ разработанных планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий. При этом необходимо обратить внимание на эффективность профилактических мероприятий, а также на готовность профессиональных аварийно-спасательных формирований к локализации и ликвидации аварий в кратчайшие сроки.

Государственные нормативные документы практически всех Европейских стран предписывают необходимость проведения анализа риска, но не требуют строгого следования определённым методам анализа риска, оставляя за предпринимателями право создания своих нормативов, которые должны учитывать общие требования государственных стандартов. В большинстве зарубежных документов по применению анализа риска на усмотрение предпринимателя разрешается использовать один или несколько методов анализа опасности и риска:

- «что будет, если?» (What – if);
 - проверочный лист (Check list);
 - комбинацию двух методов;
 - анализ опасности и работоспособности (HAZOP – Hazard and Operability Study);
 - анализ видов и последствий отказов (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis);
 - количественный анализ вида, последствий и критичности отказа (FMEDA – Failure Mode and Event Criticality Analysis);
 - анализ дерева отказов (ТТА – Fault Tree Analysis) / анализ дерева событий (ETA – Event Tree Analysis);
 - анализ слоев безопасности (защиты) (SLA – Safety Layers Analysis);
 - полный количественный анализ риска (QRA – Quantitative Risk Analysis).
- Процедура количественной оценки риска приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема количественной оценки риска

Из перечисленных методов анализа риска только QRA является чисто количественным методом, остальные методы являются таковыми частично. Собственник производства свободен в выборе метода анализа риска, но выбранный им метод должен быть научно обоснован (повторяем и проверяем), соответствовать рассматриваемой системе, давать прозрачные, легко понимаемые результаты и позволять создавать системы управления риском.

Количественный анализ риска используется для определения эксплуатационных возможностей относительно данного уровня безопасности или конкретной цели.

Он был разработан для оценки крупномасштабных аварий, которые очень редки, а, соответственно, частоту их возникновения и последствия невозможно определить на основании только статистических методов. В настоящее время в США и Европе этот метод широко используется в ядерной и химической промышленности, так как является наиболее универсальным и исчерпывающим методом для оценки безопасности. Метод количественного анализа риска рассматривает все возможные аварийные ситуации из-за какой-либо деятельности и оценивает вероятность (частоту) каждого события и связанные с ними последствия. В России метод количественного анализа риска применяется особенно активно в ядерной энергетике и известен как вероятностный анализ безопасности.

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий.

Коллективный риск – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определённый период времени.

Социальный риск – зависимость частоты возникновения событий F , в которых пострадало на определённом уровне не менее N человек, от этого числа N .

Для определения уровня индивидуального риска следует учитывать природу аварии, долю времени нахождения в «зоне риска» и местонахождение «рискующего». В этой связи индивидуальный риск рассчитывается по формуле:

$$R_{инд} = \sum_{i=1}^n Q_{n(i)} \cdot Q_i \cdot P_{пр(i)},$$

где $R_{инд}$ – индивидуальный риск, 1/год; $Q_{n(i)}$ – условная вероятность поражения человека при реализации i -го сценария аварии; Q_i – вероятность реализации i -го сценария аварии в течение года; – вероятность присутствия человека в зоне действия поражающих факторов i -го сценария аварии; n – число сценариев аварии.

Условная вероятность поражения человека избыточным давлением, развиваемым при сгорании паровоздушных смесей на определённом расстоянии от эпицентра, а также тепловым излучением при пожаре пролива рассчитывается с использованием «пробит-функции».

Индивидуальный риск рассчитывается для различных категорий персонала, при этом учитывается время пребывания персонала конкретной специальности (аппаратчики, слесари, ИТР – начальник цеха, мастер смены, технолог и др.) в зоне поражающих факторов конкретной аварии, при этом используются данные карт занятости персонала на рабочих местах.

Вероятность присутствия персонала в зоне действия поражающих факторов возможной аварии определяется по формуле:

$$P_{пр(i)} = \frac{\tau_i \cdot N_i}{T},$$

где τ_i – время нахождения работающего в пределах зон поражающих факторов в одну смену, ч; T – количество часов в году; N_i – количество рабочих смен в году.

Коллективный риск рассчитывается по формуле:

$$R_{кол} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot N_i,$$

где $R_{кол}$ – коллективный риск, чел/год; Q_i – вероятность реализации i -го сценария аварии в течение года; N_i – количество погибших при реализации i -го сценария аварии.

Средний индивидуальный риск рассчитывается как:

$$R_{cp} = \frac{R_{кол}}{N_i},$$

где R_{cp} – средний индивидуальный риск, 1/год; N_i – персонал, подвергающийся риску, чел.

Технологический уровень производства в наше время необходимо оценивать с учётом степени использования гибких технологий, которые самостоятельно справляются с техническими отказами и с большим количеством ошибок человека или могут обеспечить достаточное время для принятия контрмер. Необходима интеграция оценки риска во всестороннюю, комплексную оценку технологии либо в решение конкретной задачи таким образом, чтобы полученные результаты можно было использовать в процессе принятия решения.

Работа по снижению риска может быть очень плодотворной, так как побуждает к созданию принципиально новых технологий, материалов, конструкций, вынуждает людей критически относиться к своим потребностям и возможностям, к своему месту и роли в природе, так как «современные технологии выставили человеку до сегодняшнего дня неприличные требования ответственности за свои действия».

В настоящее время теория риска широко применяется в различных отраслях нефтегазовой и химической промышленности, она используется при проектировании потенциально опасных объектов и пересмотре допустимого уровня безопасности их эксплуатации, размещении, официальном одобрении.

Заключение

Проведённый анализ показал, что в качестве критерия для оценки реального экологического риска, который формируется в локальном и региональном масштабах, может использоваться потенциальная характеристика экономических потерь, количественно связанных с техногенными факторами промышленного производства. Механизм экономической оценки ущерба от загрязнения окружающей среды на основе теории риска по сравнению с нормативным подходом позволяет более полно учитывать последствия воздействия антропогенных факторов в денежном выражении по загрязняющим веществам и их источникам. В этом случае появляется возможность прогноза потенциально опасных для состояния экосистемы и здоровья людей факторов загрязнения окружающей среды.

В теории безопасности техногенной сферы насчитываются десятки потенциальных опасностей, которые переходят в угрозы и создают различные риски. В целом безопасность техногенной сферы можно разделить на два аспекта:

1) техногенная безопасность определяет степень защищённости человека, объектов и окружающей среды от угроз, исходящих от созданных и функционирующих сложных технических систем при возникновении и развитии аварийных и катастрофических ситуаций;

2) технологическая безопасность определяет степень защищённости человека, общества, объектов и окружающей среды от угроз, связанных с необоснованным созданием или не созданием технических систем, технологических процессов и материалов, обеспечивающих достижение основных национальных интересов страны.

Рост потенциальных и реальных угроз в техногенной сфере требует усиления роли государства в решении проблем техногенной и технологической безопасности.

В перспективе риски в техногенной сфере могут кардинально измениться: техногенные риски сменяют технологические риски, и ущербы будут возникать из-за разрушения национальной технологической базы.

Литература:

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность трубопроводного транспорта. – М. : МГФ «Знание», 2002. – 752 с.

2. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Промсвещение-Юг», 2011. – 603 с.
3. Меньшиков В.В., Швыряев А.А. Опасные химические объекты и техногенный риск : учебное пособие. – М. : Издательство химического факультета МГУ, 2003. – 254 с.
4. Экологические риски, связанные с эксплуатацией нефтяных месторождений. – URL : http://knowledge.allbest.ru/ecology/3c0b65625a2ad79a5d43a89521316d37_0.html
5. Антониади Д.Г., Савенок О.В. Анализ состояния природной среды нефтедобычи с осложнёнными условиями эксплуатации // Инженер-нефтяник. – М. : Издательство ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2013. – № 1. – С. 16–20.
6. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Кошелев А.Т. Методы мониторинга природной среды нефтедобычи и разработка структуры экологической компоненты с прогнозной составляющей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М. : ВНИИОЭНГ, 2013. – № 5. – С. 30–36.
7. Арутюнов Т.В., Савенок О.В. Экологические проблемы при разработке месторождений сланцевых углеводородов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М. : ВНИИОЭНГ, 2015. – № 9. – С. 39–42.
8. Березовский Д.А., Панцарников Д.С., Савенок О.В. Экологическое обоснование проектных документов по разработке газовых месторождений Краснодарского края / Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодёжи «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014» (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа : Издательство «РИЦ УГНТУ», 2014. – С. 34–35.
9. Кравцова М.В., Евсеев А.И. Повышение эксплуатационной устойчивости сложных технических систем // Вектор науки Тольяттинского государственного университета, 2011. – № 4. – С. 67–70.
10. Кравцова М.В. Оценка техногенного риска технически сложных производственных объектов машиностроения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 1–3. – С. 877–884.
11. Кусов Г.В., Савенок О.В. Правовые основы государственного контроля недропользования в нефтегазодобывающей промышленности // Сборник научных трудов «Гипотезы, поиск, прогнозы». – Краснодар : СКО ИА РФ, 2004. – Вып. 19. – С. 294–298.
12. Кусов Г.В., Савенок О.В. Ответственность Буровой компании за нарушение законодательства в сфере природопользования // Сборник научных трудов «Гипотезы, поиск, прогнозы». – Краснодар : СКО ИА РФ, 2005. – Вып. 21. – С. 93–95.
13. Поварова Л.В., Приходько М.Г., Савенок О.В. Факторы, обуславливающие экологическую опасность нефтедобычи / Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодёжи «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014» (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа : Издательство «РИЦ УГНТУ», 2014. – С. 28–32.
14. Поварова Л.В. Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – № 1. – С. 189–205.
15. Порфирьев Б.Н. Экологическая экспертиза и риск технологий // Итоги науки и техники. – М. : ВИНТИ, 1990. – Т. 27. – 204 с.
16. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Аналитический обзор экологически безопасных решений по интенсификации добычи нефти при эксплуатации месторождений на территории Краснодарского края : Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития / сборник статей Международной научно-практической конференции (10 февраля 2016 года, г. Уфа). – Уфа : АЭТЕРНА, 2016. – С. 191–199. – URL : <http://aeterna-ufa.ru/sbornik/TN-48.pdf>
17. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Разработка экологически безопасных технологических решений при интенсификации добычи нефти на территории Краснодарского края : Проблемы геологии и освоения недр / Труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 120-летию со дня основания Томского политехнического университета (4–8 апреля 2016 года). – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – Том II. – С. 280–282. – URL : http://portal.tpu.ru/files/conferences/usovma/2016/vol2_2016.pdf
18. Яковлев А.Л., Панцарников Д.С., Савенок О.В. Задачи по выходу из экологического кризиса в России и обеспечения экологической безопасности / Сборник тезисов Юбилейной 70-ой Международной молодёжной научной конференции «Нефть и газ – 2016», приуроченной к III Национальному нефтегазовому форуму (18–20 апреля 2016 года, г. Москва). Секция 9 Правовое обеспечение развития нефтегазовой промышленности. – М. : РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2016. – Т. 3 – С. 204.
19. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Анализ причин и последствий нарушения экологической безопасности при интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края : Современные технологии извлечения нефти и газа. Перспективы развития минерально-

сырьевого комплекса (российский и мировой опыт) / Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 85-летию доктора технических наук, профессора, академика РАН В.И. Кудинова (26–27 мая 2016 года, г. Ижевск). – Ижевск : Издательский дом «Удмуртский университет», 2016. – С. 427–437.

20. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Нарушения экологической безопасности при интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 1. – С. 50–54.

21. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Likhacheva O.N., Barambonye Solange, Kusov G.V. Cleaning returnable wastewater from Dysh deposit located in Krasnodar territory // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 23 (2017) pp. 13462–13470. – URL : http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n23_61.pdf

References:

1. Safety of Russia. Legal, social and economic and scientific and technical aspects. Safety of pipeline transport. – М. : MGF «Knowledge», 2002 – 752 p.

2. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology at construction of oil and gas wells : manual for students of higher education institutions. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 603 p.

3. Menshikov V.V., Shvyryaev A.A. Dangerous chemical objects and technogenic risk : manual. – М. : Publishing house of chemical faculty of MSU, 2003. – 254 p.

4. The environmental risks connected with operation of oil fields. – URL : http://knowledge.allbest.ru/ecology/3c0b65625a2ad79a5d43a89521316d37_0.html

5. Antoniadi D.G., Savenok O.V. The analysis of a condition of the environment of oil production with the complicated service conditions // the oil Engineer. – М. : LLC Ai Dee Es Drilling publishing house, 2013. – No. 1. – P. 16–20.

6. Antoniadi D.G., Savenok O.V., Koshelev A.T. Methods of monitoring of the environment of oil production and development of structure ecological components from an expected component // Construction of oil and gas wells by land and by sea. – М. : VNIIOENG, 2013. – No. 5. – P. 30–36.

7. Arutyunov T.V., Savenok O.V. Environmental problems when developing fields of slate hydrocarbons // Environment protection in an oil and gas complex. – М. : VNIIOENG, 2015. – No. 9. – P. 39–42.

8. Berezovsky D.A., Pantsarnikov D.S., Savenok O.V. Ecological justification of design documents on development of gas fields of Krasnodar Krai / the Collection of reports of the IV International scientific and practical conference with elements of school of sciences for youth «Environmental problems of oil production – 2014» (on October 21–23, 2014, Ufa). – Ufa : RITS UGNTU publishing house, 2014. – P. 34–35.

9. Kravtsova M.V., Evseev A.I. Increase in operational stability of difficult technical systems // Vector of science of the Tolyatti state university, 2011. – No. 4. – P. 67–70.

10. Kravtsova M.V. Assessment of technogenic risk of technically difficult production objects of mechanical engineering // News of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. – 2012. – T. 14. – No. 1–3. – P. 877–884.

11. Kusov G.V., Savenok O.V. Legal bases of the state control of subsurface use in oil and gas industry // the Collection of scientific works «Hypotheses, search, forecasts». – Krasnodar : SKO Russian Federation news Agency, 2004. – Issue 19. – P. 294–298.

12. Kusov G.V., Savenok O.V. Responsibility of the Drilling company for violation of the legislation in the sphere of environmental management // the Collection of scientific works «Hypotheses, search, forecasts». – Krasnodar : SKO Russian Federation news Agency, 2005. – Issue 21. – P. 93–95.

13. Povarova L.V., Prikhodko M.G., Savenok O.V. The factors causing ecological danger the oil production / Collection of reports of the IV International scientific and practical conference with elements of school of sciences for youth «Environmental problems of oil production – 2014» (on October 21–23, 2014, Ufa). – Ufa : RITS UGNTU publishing house, 2014. – P. 28–32.

14. Povarova L.V. Analysis of methods of purification of oil-containing sewage // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – No. 1. – P. 189–205.

15. Porfiriyev B.N. Environmental assessment and risk of technologies // Results of science and equipment. – М. : VINITI, 1990. – T. 27. – 204 p.

16. Yakovlev A.L., Savenok O.V. The state-of-the-art review of ecologically safe decisions on an oil production intensification at operation of fields in the territory of Krasnodar Krai : Technologies of the 21st century: problems and prospects development / collection of articles of the International scientific and practical conference (on February 10, 2016, Ufa). – Ufa : AETERNA, 2016. – P. 191–199. – URL : <http://aeterna-ufa.ru/sbornik/TN-48.pdf>

17. Yakovlev A.L., Savenok O.V. Development of ecologically safe technology solutions at an oil production intensification in the territory of Krasnodar Krai: Problems of geology and development Subsoil / Works XX of the International symposium of a name of the academician M.A. Usova of students and young scientists devoted to the 120 anniversary from the date of foundation of the Tomsk polytechnical university (on April 4–8, 2016). – Tomsk : Publishing house of the Tomsk Polytechnic University, 2016. – Volume II. – P. 280–282. – URL : http://portal.tpu.ru/files/conferences/usovma/2016/vol2_2016.pdf

18. Yakovlev A.L., Pantsarnikov D.S., Savenok O.V. Tasks of an exit from ecological crisis in Russia and ensuring ecological safety / the Collection of theses of the Anniversary 70th International youth scientific conference «Oil and Gas – 2016» dated for the III National oil and gas forum (on April 18–20, 2016, Moscow). Section 9 Legal support of development of the oil and gas industry. – M. : RGU of oil and gas of I.M. Gubkin, 2016. – T. 3 – P. 204.

19. Yakovlev A.L., Savenok O.V. The analysis of the reasons and consequences of violation of ecological safety at an oil production intensification on fields of Krasnodar Krai : Modern technologies of oil recovery and gas. The prospects of development of a mineral and raw complex (the Russian and international experience) / the Collection of materials of the All-Russian nauch-but-practical conference devoted to the 85 anniversary of the Doctor of Engineering, professor, academician of the Russian Academy of Natural Sciences V.I. Kudinov (on May 26–27, 2016, Izhevsk). – Izhevsk : Udmurt University publishing house, 2016. – P. 427–437.

20. Yakovlev A.L., Savenok O.V. Violations of ecological safety at an oil production intensification on fields of Krasnodar Krai // Environment protection in an oil and gas complex. – M. : VNIIOENG, 2017. – No. 1. – P. 50–54.

21. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Likhacheva O.N., Barambonye Solange, Kusov G.V. Cleaning returnable wastewater from Dysh deposit located in Krasnodar territory // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 23 (2017) pp. 13462–13470. – URL : http://www.ripublication.com/ijaer17/ijaerv12n23_61.pdf

УДК 622.243.24

**ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ
БОКОВЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СТВОЛОВ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ
НА ТУРНЕЙСКОМ ОБЪЕКТЕ ЧЕРНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**ESTIMATION OF THE PERSPECTIVENESS OF DRILLING
OF SIDE HORIZONTAL STEELS AND IMPROVEMENT
OF THE DEVELOPMENT SYSTEM AT THE TURNEY OBJECT
OF THE CHERNOVSKOYE FIELD**

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Березовский Денис Александрович

заместитель начальника цеха,
филиал ООО «Газпром добыча Краснодар»,
Каневское газопромысловое управление
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Кусов Геннадий Владимирович

аспирант,
Северо-Кавказский
федеральный университет
de_france@mail.ru

Мусафири Норманн

студент-магистрант,
Институт нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
musaf2020@gmail.com

Аннотация. Исходя из анализа работы скважин турнейского объекта Черновского месторождения, следует отметить, что этот объект характеризуется активными подошвенными водами. При неправильном подборе технологического режима скважин быстро образуется конус обводнения, и остаются зоны, не охваченные дренированием. С целью довыработки запасов нефти турнейского объекта предложена зарезка бокового горизонтального ствола из законсервированной скважины. Горизонтальные скважины и боковые горизонтальные стволы уже давно зарекомендовали себя на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами нефти как высокоэффективные технологии. Опыт эксплуатации боковых горизонтальных стволов показывает, что с их помощью решается задача повышения нефтеотдачи неоднородной многопластовой залежи за счёт более полного охвата пластов воздействием, вовлечения в разработку ранее неработавших продуктивных пластов в бездействующих, простаивающих, низкопродуктивных, нерентабельных и высокообводнённых скважинах. Предполагается, что турнейский объект Черновского месторождения является перспективным объектом для довыработки запасов горизонтальными скважинами и боковыми горизонтальными стволами.

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
olgasavenok@mail.ru

Berezovskiy Denis Aleksandrovich

Deputy chief of department,
branch LLC «Gazprom mining Krasnodar»,
Kanevskoe gas field management
daberezovskiy-gaz@rambler.ru

Kusov Gennady Vladimirovich

graduate student,
North-Caucasian Federal University
de_france@mail.ru

Musafiri Norman

masters' student,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
musaf2020@gmail.com

Annotation. Based on the analysis of the wells of the Turney object at the Chernovskoye field, it should be noted that this object is characterized by active plantar water. If the well mode is not correctly selected, the watering cone is quickly formed, and there are zones not covered by drainage. For the purpose of further development of the oil reserves of the Turney facility, a lateral horizontal trunk was cut from a suspended well. Horizontal wells and lateral horizontal trunks have long proven themselves in deposits with hard-to-recover oil reserves as highly efficient technologies. Experience in the operation of lateral horizontal barrels shows that with their help the task of increasing the oil recovery of an inhomogeneous multi-layer deposit is solved due to a more complete coverage of the seams by the impact, involvement in the development of previously unproductive productive layers in inactive, idle, low-productive, unprofitable and highly watered wells. It is assumed that the Turney object of the Chernovskoye field is a promising target for additional development of reserves by horizontal wells and lateral horizontal trunks.

Ключевые слова: методы довыработки запасов нефти; мероприятия по увеличению нефтеотдачи; показатели интенсификации разработки; боковые горизонтальные стволы; технологическая эффективность бурения горизонтальных скважин; оптимальная длина горизонтального ствола; расчёт добычных показателей скважины.

Keywords: methods for the development of oil reserves; measures to increase oil recovery; indicators of development intensification; lateral horizontal trunks; technological efficiency of drilling horizontal wells; optimal length of the horizontal trunk; calculation of production parameters of the well.

Черновское нефтяное месторождение находится на территории Воткинского и Шарканского районов Удмуртской Республики, в 15 км северо-западнее г. Воткинска и в 60 км северо-восточнее г. Ижевска. Открыто в 1979 году.

Черновское месторождение включает в себя три поднятия: Западное, Центральное и Восточное. Добыча нефти ведётся из верейско-башкирского, визейского и турнейского объектов; каширский объект является возвратным.

Особенности Черновского месторождения состоят в его многокупольности, тонкослоистости продуктивного разреза, многослоистости, разнотипности вмещающих пород-коллекторов и наличием зон замещений коллекторов. Толщины пластов не выдержаны, наблюдается значительная расчленённость, достигающая наибольшего значения на верейско-башкирском объекте. Для месторождения характерен пластовый сводовый тип залежи, местами литологически ограниченный, представленный в основном карбонатными коллекторами с низкой проницаемостью.

Турнейский объект приурочен к пористым известнякам, относится к пластово-сводовому типу и пластово-сводовому литологически ограниченному. Добыча нефти ведётся только на Западном поднятии. Залежь характеризуется небольшой толщиной (порядка 10 м), высоким значением коэффициента песчаности и невысокой расчленённостью. Объект содержит 33,6 % запасов нефти Западного поднятия. Геолого-физические характеристики залежи приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Геолого-физические характеристики залежей Черновского месторождения

Параметры	Турнейский объект
1	2
Средняя глубина залегания, м	1461,1
Тип залежи	пластовая, сводовая
Тип коллектора	карбонатный
Площадь нефтеносности, тыс. м	1966
Средняя общая толщина, м	9,8
Средняя нефтенасыщенная толщина, м	7,47
Пористость, %	13
Средняя нефтенасыщенность, доли ед.	0,8
Проницаемость, мкм ²	0,458
Коэффициент песчаности, доли ед.	0,728
Расчленённость	3,5
Начальная пластовая температура, °С	27,9
Начальное пластовое давление, МПа	16,1
Вязкость нефти в пластовых условиях, МПа·с	98,4*
Плотность нефти в пластовых условиях, т/м ³	0,917
Плотность нефти в поверхностных условиях, т/м ³	0,918
Абсолютная отметка ВНК, м	-1359,7
Объёмный коэффициент нефти, доли ед.	1,017*
Содержание серы в нефти, %	2,79*
Содержание парафина в нефти, %	2,46*
Давление насыщения нефти газом, МПа	5,1*

Продолжение таблицы 1

1	2
Газосодержание нефти, м ³ /т	7,0*
Вязкость воды в пластовых условиях, МПа·с	–
Плотность воды в пластовых условиях, кг/м ³	–
Средняя продуктивность, м ³ /сут. · МПа	3,26
Коэффициент вытеснения, доли ед.	0,497
* – значения параметров, принятые по аналогии с верейскими пластами	

Нефти турнейского объекта высоковязкие, высокой плотности в пластовых и поверхностных условиях, высокосернистые, парафиновые, высокосмолистые. Растворённый в нефти газ более чем на 80 % состоит из азота и промышленной ценности не представляет.

На начало разработки залежи геологические запасы составляли 1395 тыс. тонн по категории А+В+С₁, из них извлекаемые – 469 тыс. тонн (проектный КИН составляет 0,336).

Нефтенасыщенная толщина объекта находится в пределах 2,7–10,3 м, увеличиваясь ближе к центральной зоне залежи. Над и под залежью присутствует непроницаемый экран. В залежи присутствуют зоны, не охваченные процессом дренирования, в которых можно провести горизонтальный ствол длиной более 100 м. Геологическое строение залежи позволяет провести горизонтальный ствол без перегибов. По геологическим критериям турнейский объект является подходящим для забуривания бокового ствола.

Вследствие близости ВНК, скважины, находящиеся в приконтурной зоне нефтеносности, обводняются, образуя конусы обводнения, из-за чего остаются невыработанные участки залежи. В отличие от остальных объектов турнейский объект имеет достаточную толщину пласта для проведения по нему горизонтального ствола скважины, что снижает шанс неудачного бурения горизонтальной части ствола, а также нерентабельности БГС вследствие быстрой выработки запасов данного пласта. В отличие от верейско-башкирского объекта, он имеет меньшую расчленённость, что даёт основание считать пласт более однородным. Все эти факторы, а также хорошее сочетание пористости и проницаемости объекта, значительная нефтенасыщенность высоковязкой нефтью делают бурение БГС перспективным способом довыработки остаточных запасов нефти.

Текущее состояние разработки турнейского объекта

Черновское месторождение нефти открыто в 1979 году, первооткрывательницей явилась скважина № 410, вскрывшая нефтенасыщенные известняки каширского, верейского горизонтов, башкирского, турнейского ярусов и нефтенасыщенные песчаники визейского яруса.

Турнейский объект Западного поднятия введён в разработку в 1990 году совместно с вводом в разработку всего месторождения НГДУ ПО «Удмуртторф» согласно «Технологической схемы разработки Черновского месторождения».

По состоянию на 01.01.2017 г. пробурено 7 скважин, из них 5 добывающих. Схема расположения скважин – избирательная. Расстояние между скважинами 120–1200 метров.

В эксплуатационном добывающем фонде числится 5 действующих скважин. Нагнетательных нет. Все скважины механизированы (2 – ЭЦН, 3 – ШГН). В целом по объекту текущая обводнённость составляет 70,5 % и распределяется следующим образом:

- ни одна скважина (0 %) не работает с обводнённостью менее 20 %;
- с обводнённостью продукции от 20 до 50 % – 1 скважина (20 %);
- 2 скважины (40 %) эксплуатируются с обводнённостью продукции от 50 до 90 %;
- от 90 до 95 % – 2 скважины (40 %) и с обводнённостью свыше 95 % нет (0 %).

Коэффициент использования добывающего фонда 0,714 доли ед., коэффициент эксплуатации составляет 0,878 доли ед.

Анализ текущего состояния разработки турнейского объекта

Объект находится на третьей стадии разработки.

Накопленный отбор нефти по объекту на 01.01.2017 г. составляет 177,9 тыс. тонн, жидкости – 605,7 тыс. тонн. Закачка не ведётся.

За 2016 год отборы по нефти составили 17,1 тыс. тонн и по жидкости 40,8 тыс. тонн, обводнённость продукции 70,5 %.

Среднегодовой дебит действующих скважин составляет по нефти 7,9 тонн/сут. и по жидкости 18,9 тонн/сут.

Максимальный уровень добычи нефти в количестве 18,7 тыс. тонн достигнут в 2006 году при темпе отбора 3,99 %.

По накопленной добыче нефти распределение скважин следующее:

- до 20 тыс. тонн – 2 скважины (40 % от всего действующего фонда);
- более 20 тыс. тонн – 3 скважины (60 %).

Карта текущих отборов по состоянию на 01.01.2017 г. по турнейскому объекту Западного поднятия представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Карта текущих отборов нефти

Рассмотрим каждую скважину на турнейском объекте Черновского месторождения. Для этой цели были использованы данные по работе скважин, начиная с 2006 года. Также следует обратить внимание на рисунок 2, который не отражает текущего распределения запасов, но помогает оценить процесс стягивания контура нефтеносности и предположить его положение на текущий момент.

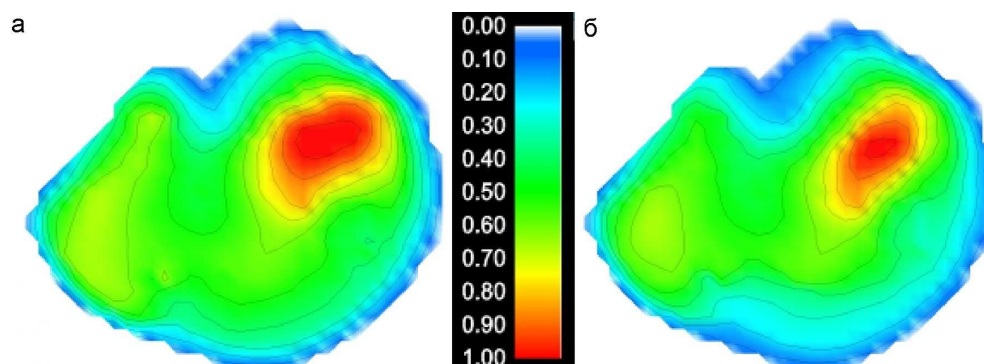


Рисунок 2 – Карта-схема распределения начальных (а) и текущих (б) подвижных линейных запасов (m^3/m^2) по турнейскому объекту Черновского месторождения

Скважина № 410Р. Скважина-первооткрывательница месторождения. Нефтенасыщенная толщина в районе скважины находится в диапазоне 5–8 м. Пробурена 28.02.1987 г., работала в нагнетательном фонде на верейском объекте, с октября 2010 года – добывающая на турнейском объекте (ШГН, пласты С-II + С-III). Характеризуется стабильностью добычи жидкости и нефти, с 2011 по 2017 гг. обводнённость плавно возросла до 50 %. На 01.01.2017 г. дебит по жидкости составляет 1,7 тонн, обводнённость 54,9 %. Низкая обводнённость скважины может указывать на неполную выработку запасов в зоне дренирования этой скважины.

Скважина № 402 пробурена и введена в эксплуатацию 28.11.1998 г. Нефтенасыщенная толщина в районе скважины находится в диапазоне 6–10 м. За период с января по июль 2006 года наблюдается резкий рост обводнения (с 56 до 90 %). В то время не вёлся учёт забойного давления, однако, изучив документацию по ремонтам скважины за этот период, можно предположить, что добыча нефти велась при большой депрессии на пласт, когда величина забойного давления была меньше давления насыщения. На это указывают общая причина отказа УШГН для нескольких ремонтов: засорение клапанов насоса АСПО. Вероятно, это обстоятельство и послужило причиной резкого роста обводнённости продукции.

В октябре 2008 и январе 2011 года были проведены ремонтно-изоляционные работы по выравниванию профиля притока жидкости в скважину и изоляции обводнённых пропластков. В первом случае эффект был кратковременный, во втором эффект продлился до 2016 года, после чего также наблюдался резкий рост обводнённости продукции после смены насоса ШГН на ЭЦН и увеличения отборов жидкости и прорывом воды вследствие вязкостной неустойчивости.

На 01.01.2017 г. дебит скважины с обоих объектов составляет 80,1 тонн по жидкости и обводнённость 92,0 %. Обводнённость скважины объясняется неправильным подбором технологического режима работы скважины и интенсивным подтягиванием воды от ВНК с образованием конуса обводнённости.

Скважина № 305. Нефтенасыщенная толщина в районе скважины находится в диапазоне 8–10 м. Скважина пробурена 08.01.1999 г. Скважина характеризуется устойчивой добычей нефти без резких прорывов воды на всем периоде эксплуатации. Обводнённость плавно изменяется от 25 % в январе 2006 года до 81,9 % в декабре 2017 года.

Скважина № 304. Нефтенасыщенная толщина в районе скважины находится в диапазоне 10–11 м. Введена в эксплуатацию 23.08.2000 г. на визейский объект. В мае 2016 года переведена в фонд ОРЭ (приобщение пласта с1t турнейского объекта). Перед ГТМ дебит с верейско-башкирского объекта составлял 8,1 м³/сут. при обводнённости 2,9 %; после ГТМ 60,1 м³/сут. при обводнённости 29,1 %, т.е. порядка 52 м³/сут. с турнейского объекта. Однако после смены ЭЦН-35-2050, работающего на турнейском объекте, на ЭЦН-125-1550 с августа 2016 года наблюдается значительный рост обводнённости продукции с падением отбора нефти, что, судя по всему, связано с превышением отборов жидкости над критическим значением и подтягиванием воды с ВНК в виде конуса обводнения.

Скважина № 404. Нефтенасыщенная толщина в районе скважины находится в диапазоне 6–9 м. Введена в эксплуатацию 15.08.2000 г., практически сразу обводнилась. В период с 2006 по 2011 гг. обводнённость колебалась между 76,1 и 99,6 %. В декабре 2011 года скважину законсервировали как высокообводнённую (99,6 %). В 2012 году провели комплекс мероприятий по расконсервации скважины и ремонтно-изоляционных работ заколонных перетоков и запустили с дебитом по жидкости 11,2 м³/сут. и 2,9 % обводнённости. На 01.01.2017 г. дебит скважины составляет 3,6 м³/сут. при обводнённости 17 %.

Скважина № 306. Нефтенасыщенная толщина в районе скважины находится в диапазоне 5–8 м. Скважина введена в эксплуатацию 27.09.2001 г. Наблюдается резкий скачок обводнённости с 12 % в ноябре 2006 года до 86 % в апреле 2008 года. В период с апреля 2008 по ноябрь 2016 гг. обводнённость колеблется в пределах от 68 % до 95 % и составляет в среднем 87 %. В августе 2012 года и августе 2015 года были проведены работы по отключению обводнённого интервала перфорации, однако эффект был незначительный. Скважина находится около контура нефтеносности, поэтому предпола-

гается прорыв воды к забою скважины из ВНК. В ноябре 2016 года скважина была законсервирована ввиду высокой выработки запасов с перспективой её использования для довыработки запасов турнейского объекта путём забурирования из её ствола БГС.

В таблице 2 приведены сводные данные по работе скважин турнейского объекта на 01.01.2017 г.

Таблица 2 – Сводные данные по работе скважин турнейского объекта на 01.01.2017 г.

Скважина	Год запуска (начала работы на турнейском объекте)	Нефтенасыщенная толщина, м	Текущая добыча жидкости, тонн/сут.	Текущая обводненность, %	Накопленная добыча нефти, тонн
410Р	2010	5–8	1,7	54,9	59619
402	2001	6–10	80,1	92,0	18401
305	2002	8–10	19,9	81,9	37644
304	2016	10–11	81,0	40,0	11480
404	2003	6–9	3,6	17,0	14934
306	2004	5–8	–	–	28896

На рисунке 3 показана накопленная добыча по скважинам и доля их от выработки НИЗ.

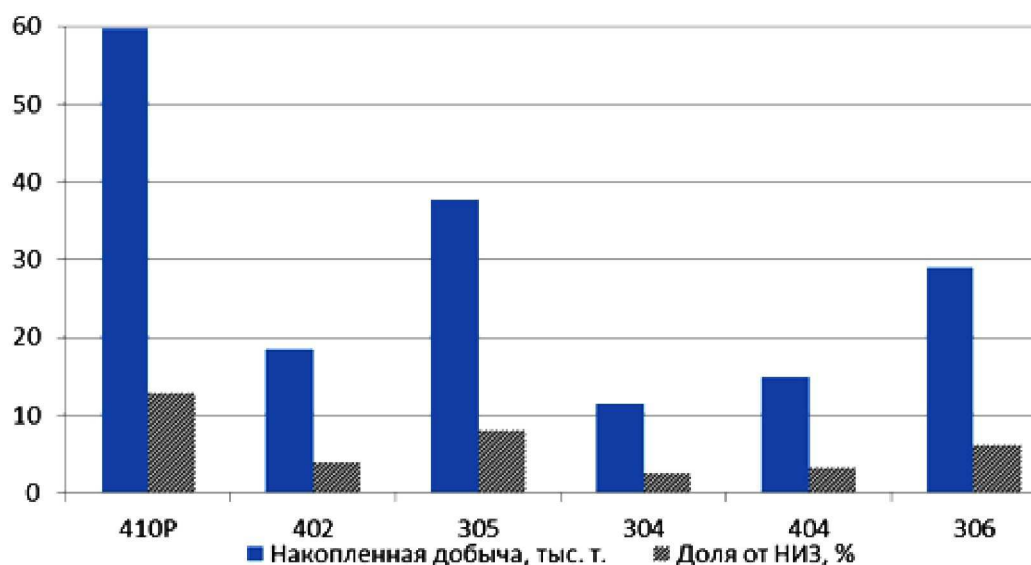


Рисунок 3 – Накопленная добыча по скважинам и доля их от выработки НИЗ

Исходя из вышеизложенного, следует отметить следующее. Турнейский объект Черновского месторождения характеризуется активными подошвенными водами. При неправильном подборе технологического режима скважин быстро образуется конус обводнения, и остаются зоны, не охваченные дренированием.

Анализ энергетического состояния турнейского объекта

Закачка воды на Западном поднятии турнейского объекта не осуществляется. Залежи нефти на данном этапе разрабатываются на естественном (упруговодонапорном) режиме.

Начальное пластовое давление по турнейскому объекту Западного купола составляет 16,1 МПа. За весь период разработки наблюдается незначительное снижение давления, с 2011 года давление стабилизируется и на текущее состояние ниже начального на 2,5 % (15,7 МПа).

Анализ выработки запасов турнейского объекта

Утверждённые начальные геологические/извлекаемые запасы нефти по турнейскому объекту Западного поднятия составили: по категории В – 1395 тыс. тонн / 469 тыс. тонн (протокол ГКЗ № 93-пд от 11.12.2006 г.). Утверждённый КИН по категории В – 0,336 доли ед.

Накопленная добыча нефти составила 177,9 тыс. тонн или 37,9 % от НИЗ. Текущий КИН составил 0,128. Среднегодовая обводнённость – 70,5 %.

В таблице 3 приведены основные показатели выработки запасов нефти турнейского объекта.

Таблица 3 – Основные показатели выработки запасов турнейского объекта

Показатели	Турнейский объект
Площадь нефтеносности, тыс. м ²	1966
Нефтенасыщенная толщина, м	7,47
Геологические запасы, тыс. тонн	1395
Извлекаемые запасы, тыс. тонн	469
Утверждённый КИН, %	0,336
Накопленная добыча нефти, тыс. тонн	154,6
Текущие геологические запасы нефти, тыс. тонн	1240,4
Текущие извлекаемые запасы нефти, тыс. тонн	314,4
Текущая нефтеотдача, доли ед.	0,111
Годовая добыча нефти, тыс. тонн	17,1
Накопленная добыча жидкости, тыс. тонн	541,4
Среднегодовая обводнённость, %	80,0
ВНФ накопленный, доли ед.	3,4
Темп отбора от НИЗ, %	3,65
Темп отбора от ТИЗ, %	5,55
Отбор от извлекаемых запасов, %	37,9
Действующий фонд добывающих скважин, шт.	5,0
Действующий фонд нагнетательных скважин, шт.	–
Соотношение действующих добывающих и нагнетательных скважин	–
Количество пробуренных скважин, шт.	7
Накопленная добыча нефти на одну скважину, тыс. тонн	35,5
Кратность выработки запасов, годы	17

Накопленный ВНФ составляет 3,4 доли ед. Максимальный уровень добычи нефти достигнут в 2006 году и составляет 18,7 тыс. тонн при темпе отбора 3,99 %. Текущий коэффициент извлечения нефти по объекту на 01.01.2017 г. составляет 0,128 доли ед. от запасов категории В. Кратность выработки запасов нефти составляет 17 лет.

Сравнение утверждённых и фактических показателей разработки

Сопоставление за 2012–2014 гг. по турнейскому объекту выполнено с документом на разработку Черновского месторождения «Дополнение к технологической схеме разработки Черновского месторождения» (2009 г.), за 2015–2016 гг. – с документом на разработку Черновского месторождения «Дополнение к технологической схеме разработки Черновского месторождения» (2015 г.)

Сравнение основных проектных и фактических показателей разработки по турнейскому объекту приведено на рисунке 4.

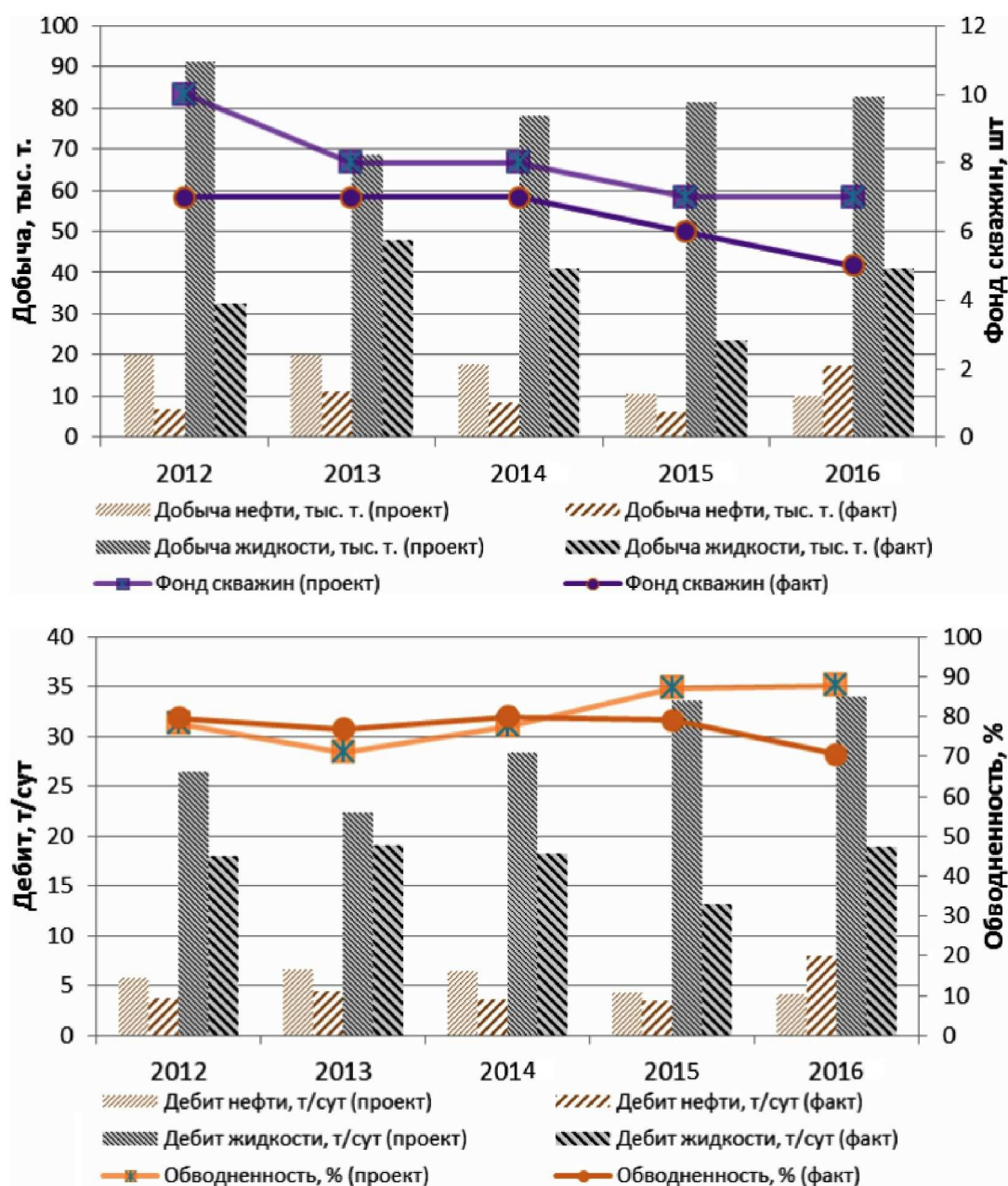


Рисунок 4 – Сравнение основных проектных и фактических показателей разработки по турнейскому объекту за период 2012–2016 гг.

Накопленная добыча нефти с 2012 по 2016 годы по проектным документам должна была составить 77,5 тыс. тонн, фактически добыто 49,1 тыс. тонн, что на 37 % ниже.

В 2016 году добыто по объекту 17,1 тыс. тонн нефти, что на 71 % выше проектного значения (10 тыс. тонн), добыча жидкости на 51 % ниже проектного уровня и составляет 40,8 тыс. тонн вместо 82,5 тыс. тонн.

Невыполнение проектных показателей добычи нефти и жидкости за период 2012–2014 гг. связано с отсутствием ввода из бурения двух добывающих скважин. Однако несмотря на перевод скважины № 310 на верейско-башкирский объект и скважины № 403 на визейский объект в связи с их обводненностью выше 90 % в 2015 и 2016 гг. соответственно, в 2016 году фактическая добыча нефти превышает проектную за счёт перевода скважины № 304 с верейско-башкирского в ОРЭ с турнейским объектом (средний дебит за 2016 год после ГТМ составляет 82,3 тонн/сут. по жидкости и 51,4 тонн/сут. по нефти при работе скважины до ГТМ примерно 8,5 тонн/сут. по жидкости). Средний дебит действующей скважины за 2016 год по нефти составил 7,92 тонн/сут. (проект – 4,1 тонн/сут.),

по жидкости – 18,9 тонн/сут. (проект – 34,0 тонн/сут.). Среднегодовая обводнённость ниже проектной на 20 % и составляет 70,5 %, что связано с отключением высокообводнённых скважин.

Действующий добывающий фонд по турнейскому объекту на 01.01.2017 г. составляет 5 ед. (проект – 7 ед.).

По состоянию на 01.01.2017 г. коэффициент нефтеизвлечения по турнейскому объекту 0,128 доли ед., что ниже проектного на 0,007 доли ед. (по проекту – 0,135 доли ед.). Отбор от утверждённых извлекаемых запасов составляет 37,9 % при проектном 40,2 %.

Невыполнение проектных уровней добычи нефти и жидкости по турнейскому объекту Черновского месторождения в период 2012–2016 гг. в целом составляет 28,4 тыс. тонн нефти, связано это с меньшим дебитом нефти, недостающего количества добывающих действующих скважин и их отработанного времени.

Вывод. На турнейском объекте 5 добывающих скважин, нагнетательных нет. Схема расположения скважин – избирательная, расстояние между скважинами 120–1200 м. Объект находится на третьей стадии разработки, накопленная добыча нефти по состоянию на 01.01.2017 г. составляет 37,9 % от НИЗ, текущий КИН составляет 0,128 из 0,336 проектных. Закачка воды не ведётся, залежь нефти разрабатывается на естественном (упруговодонапорном) режиме. За весь период разработки наблюдается незначительное снижение пластового давления, на данный момент оно составляет 15,7 МПа.

Коэффициент использования добывающего фонда составляет 0,714 доли ед. при коэффициенте эксплуатации 0,878 доли ед.

Накопленная добыча за последние 5 лет составляет меньше проектной на 37 % и фактический КИН меньше проектного на 0,007. Причиной этому служат меньший дебит скважин по сравнению с проектным, недостающее количество действующих добывающих скважин, что связано с отсутствием ввода из бурения двух добывающих скважин, предусмотренных текущим проектным документом, а также с переводом в начале наблюдаемого периода скважин на другие горизонты в связи с их высокой обводнённостью.

Исходя из анализа работы скважин, следует отметить следующее. Турнейский объект Черновского месторождения характеризуется активными подошвенными водами. При неправильном подборе технологического режима скважин быстро образуется конус обводнения, и остаются зоны, не охваченные дренированием.

Выбор скважины и метода довыработки запасов

Для проведения мероприятий по увеличению нефтеотдачи рекомендуется брать нерентабельные скважины. К таким скважинам обычно относят либо высокообводнённые скважины, либо скважины, по каким-либо причинам остановленные (находящиеся в консервации). На турнейском объекте явным кандидатом для проведения работ является скважина № 306.

За 4 года работы скважины она обводнилась до 80 % и более. Скважина находится около контура нефтеносности, поэтому предполагается прорыв воды к забою скважины из ВНК. В августе 2012 года и августе 2016 года были проведены ремонтно-изоляционные работы, результатом которых явилось отключение нижнего интервала перфорации. Тем не менее, эффекта от работ не последовало, и в ноябре 2016 года скважина была законсервирована ввиду высокой выработки запасов. По текущему проектному документу предполагается перевод скважины на вышележащий верейско-башкирский объект, однако этот перевод нецелесообразен, поскольку запасы нефти в этом районе вырабатываются скважиной № 401, которая в настоящее время работает с дебитом по нефти выше 7 тонн/сут. и обводнённостью 49 %.

По этим причинам перспективно использование скважины № 306 для довыработки запасов турнейского объекта путём забурирования из её ствола бокового горизонтального ствола (БГС). Скважина на 01.01.2017 г. находится в консервации, и бурение БГС из её ствола позволит перевести её в добывающий фонд. Возможно забурирование ствола скважины в северном направлении, т.к. там присутствуют необходимая нефтенасыщенная толщина пласта и целики невыработанной нефти.

Проектирование процесса разработки скважины с БГС с помощью математического моделирования

Выбор метода определения технологической эффективности бурения БГС

Поскольку проектирование БГС производится на объекты, имеющие историю разработки вертикальными скважинами, то наличие фактических показателей разработки облегчает определение технологической эффективности.

Методический подход заключается в следующем. На основе теоретических формул оцениваются дебиты вертикальных скважин, которые затем сравниваются с фактическими дебитами работающих вертикальных скважин. Для согласования расчётных дебитов с фактическими вводятся поправочные коэффициенты, которые комплексно учитывают неточности в определении параметров пластовой системы, входящих в теоретические формулы.

Формулу для расчёта поправочного коэффициента можно представить в следующем виде:

$$F = \frac{q_{\text{факт}}}{q_{\text{расчет}}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{факт}}$ – фактический дебит вертикальной скважины, м³/сут.; $q_{\text{расчет}}$ – расчётный дебит вертикальной скважины, м³/сут.

Получаемые таким образом поправочные коэффициенты используются затем в теоретических формулах оценки дебитов горизонтальных скважин.

Данный приём значительно уточняет прогнозирование дебитов горизонтальных скважин и оценку ожидаемого технологического эффекта.

При оценке начального ожидаемого эффекта дебит БГС является расчётной величиной, а дебит вертикальной скважины – фактической.

Разность между прогнозируемым дебитом и фактическим дебитом вертикальной скважины до бурения БГС определяет технологическую эффективность.

Формула Дюпюи для оценки дебита вертикальных скважин:

$$q_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot h \cdot (p_k - p_c) \cdot 86,4}{\mu \cdot \ln\left(\frac{R_k}{r_c}\right)}, \quad (2)$$

где q_e – дебит вертикальной скважины, м³/сут.; h – толщина пласта, м; μ – вязкость жидкости, мПа · с; p_k – давление на контуре питания, МПа; p_c – давление на забое скважины, МПа; r_c – радиус скважины, м; R_k – радиус контура питания, м; K – абсолютная проницаемость пласта, мкм².

Формула Joshi для оценки дебита горизонтальных скважин:

$$q_e = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot h \cdot (p_k - p_c) \cdot 86,4}{\mu \cdot \ln\left(\frac{a + \sqrt{a^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}}{\frac{L}{2}} + \frac{h}{L} \cdot \ln\left(\frac{h}{2 \cdot \pi \cdot r_c}\right)\right)}, \quad (3)$$

где q_e – дебит скважины с БГС, м³/сут.; K – абсолютная проницаемость пласта, мкм²; h – толщина пласта, м; μ – вязкость жидкости, мПа · с; p_k – давление на контуре питания, МПа; p_c – давление на забое скважины, МПа; r_c – радиус скважины, м; L – длина горизонтального ствола, м; a – большая полуось эллипса (контур питания):

$$a = \frac{L}{2} \cdot \left[\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{2R_k}{L}\right)^4} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Однако формулы (2) и (3) не учитывают многофазного режима фильтрации. Для того чтобы учесть многофазность при стационарной фильтрации жидкости к горизонтальному стволу, были предложены следующие зависимости:

- дебит вертикальной скважины по жидкости:

$$q_e^* = 86,4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot \left(\frac{k_e(s)}{\mu_e} + \frac{k_H(s)}{\mu_H} \right) \cdot \frac{p_K - p_C}{\ln\left(\frac{R_K}{r_C}\right)}; \quad (4)$$

- дебит вертикальной скважины по нефти:

$$q_e^H = 86,4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot \frac{k_H(s)}{\mu_H} \cdot \frac{p_K - p_C}{\ln\left(\frac{R_K}{r_C}\right)}; \quad (5)$$

- дебит горизонтальной скважины по жидкости:

$$q_e^* = 86,4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot \left(\frac{k_e(s)}{\mu_e} + \frac{k_H(s)}{\mu_H} \right) \cdot \frac{p_K - p_C}{\Omega}; \quad (6)$$

- дебит горизонтальной скважины по нефти:

$$q_e^H = 86,4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot \frac{k_H(s)}{\mu_H} \cdot \frac{p_K - p_C}{\Omega}, \quad (7)$$

где $\Omega = \ln \frac{a + \sqrt{a^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}}{\frac{L}{2}} + \frac{h}{L} \cdot \ln\left(\frac{h}{2 \cdot \pi \cdot r_C}\right)$; $k_e(s)$, $k_H(s)$ – относительные фазовые проницаемости соответственно для воды и нефти; s – водонасыщенность;

μ_e и μ_H – вязкость соответственно воды и нефти.

Алгоритм расчётов динамики дебитов с постоянным шагом по времени строится по следующей схеме.

1. С использованием известных давлений на контуре питания $p_K(t_i)$ и средней насыщенности в области фильтрации $s(t_i)$ на предшествующий момент времени по формулам (6) и (7), с учётом поправочного коэффициента, определяются дебиты скважин $q(t_i)$.

2. Рассчитывается новое значение давления на контуре дренирования (среднее давление в пласте):

$$p_K(t_{i+1}) = p_K(t_i) - \frac{q(t_i) - q_K(t_i)}{V \cdot \beta^*} \cdot \Delta t, \quad (8)$$

где $q(t_i)$ – дебит жидкости вертикальной или горизонтальной скважины, определяемый по формулам (4) и (5), с учётом поправочного коэффициента, тонн/сут.; $V = \pi \cdot R_K^2 \cdot h$ – объём пласта в пределах контура питания, м³; $\beta^* = m \cdot \beta_* + \beta_C$ – коэффициент упругоёмкости пласта; $q_K(t_i)$ – объёмная скорость жидкости, поступающей через контур питания.

Приток жидкости в область через контур питания не трудно задать по текущему балансу отбора и закачки на разрабатываемом объекте. При $q_K(t_i) = 0$ имеем замкнутую область. При этом скорость падения давления в пласте полностью определяется коэффициентом упругоёмкости. При $0 < q_K(t) < q(t)$ объём поступления жидкости меньше её отбора, и среднее давление в пласте будет падать.

Закон поступления жидкости согласно формуле (6) удобно задать в виде:

$$p_k(t_i) = \alpha \cdot q(t_i), \quad (9)$$

где α – коэффициент компенсации отбора жидкости закачкой (обычно $\alpha \leq 1$).

3. Определяется новое значение средней водонасыщенности пласта в области отбора:

$$s(t_{i+1}) = s(t_i) + \frac{q_{\text{еж}}(t_i) - q_{\text{зс}}(t_i)}{V_n} \cdot \Delta t, \quad (10)$$

где $s(t_i)$ – водонасыщенность в предшествующем периоде времени; $q_{\text{зс}}(t_i)$ – дебит воды по скважине на отрезке времени $(t_i; t_i + 1)$; $q_{\text{еж}}(t_i)$ – дебит жидкости по скважине на отрезке времени $(t_i; t_i + 1)$; V_n – поровый объём пласта в области фильтрации.

Для определения порового объёма V_n пласта вовлекаемого в разработку одним БГС:

$$V_n = \pi \cdot R_k^2 \cdot h_{\text{ср}} \cdot m_{\text{ср}}. \quad (11)$$

4. С использованием параметров $p_k(t_i + 1)$ и $s(t_i + 1)$ в качестве новых исходных данных проводят расчёты на очередном отрезке времени, т.е. повторяются все пункты алгоритма.

Описанный метод позволяет прогнозировать на этапе проектирования дебиты жидкости, нефти, обводнённость, технологическую эффективность горизонтальных скважин, показатели интенсификации разработки.

Зависимости относительных фазовых проницаемостей в конкретных экспериментах рассчитывали по результатам нестационарного вытеснения нефти водой по методике С.А. Кундина и И.Ф. Куранова. В результате статистической обработки экспериментальных данных были получены обобщённые уравнения, описывающие характер изменения относительных фазовых проницаемостей (рис. 5).

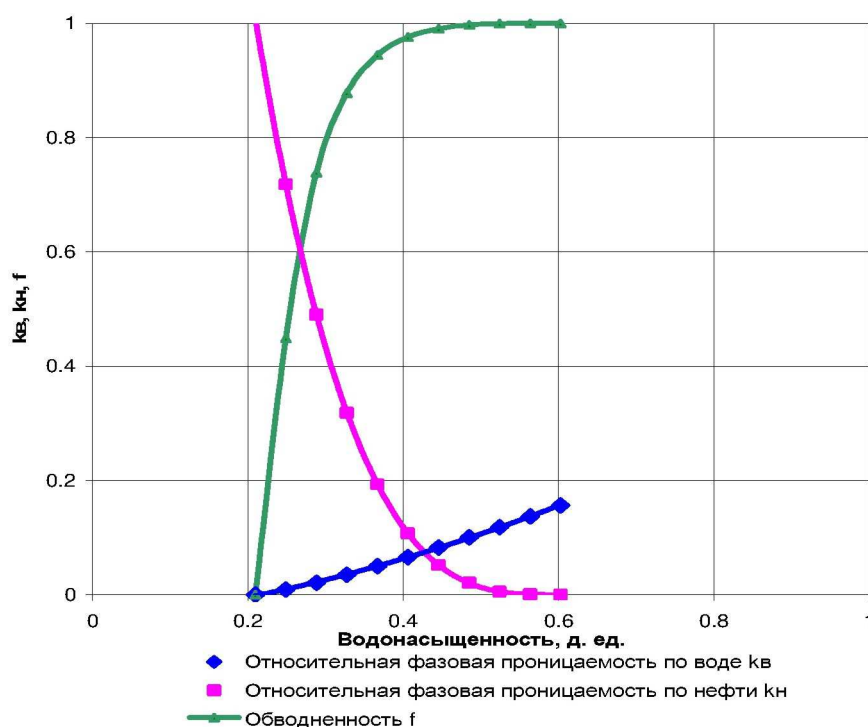


Рисунок 5 – Зависимости относительных фазовых проницаемостей для воды, нефти и обводнённости продукции от водонасыщенности продуктивных пластов турнейского яруса ($K_{пр} = 0,454 \text{ мкм}^2$; $\mu_n = 98,4 \text{ мПа}\cdot\text{с}$)

Исходные данные определения технологической эффективности БГС

Исходными данными технологической эффективности бурения БГС на турнейский объект разработки являются (таблица 4):

Таблица 4 – Исходные данные для математического моделирования процесса разработки турнейского объекта

Параметр	Значение
Режим разработки	упруговодонапорный
Система размещения скважин	очаговая
Расстояние между скважинами, м	200–1200
Плотность сетки, га/скв.	39,3
Проницаемость, мкм ²	0,454
Нефтенасыщенная толщина пласта h , м	7,2
Вязкость воды в пластовых условиях μ_w , МПа·с	1,5
Вязкость нефти в пластовых условиях μ_n , МПа·с	98,4
Давление на контуре питания скважины P_K , МПа	15,7
Давление на забое скважины $P_{зab}$, МПа	9,0
Давление насыщения $P_{нас}$, МПа	5,1
Длина горизонтального ствола L , м	90, 120, 150
Контур питания скважины R_K , м	250
Радиус скважины $r_{скв}$, м (для диаметра обсадной колонны $d = 114$ мм и толщины стенок $\delta = 5,2$ мм)	0,0518
Пористость m , доли ед.	0,13
Сжимаемость воды, 1/МПа	0,0000043
Сжимаемость нефти, 1/МПа	0,00000469
Сжимаемость пор породы, 1/МПа	0,000011
Объем пласта V в пределах R_K , м ³	1413000
Поровый объем пласта $V_{пор}$, м ³	183690
Объемный коэффициент нефти, доли ед.	1,025
Коэффициент эксплуатации скважины, доли ед.	0,92
Водонасыщенность в зоне БГС s , доли ед.	0,25
Плотность нефти в поверхностных условиях, т/м ³	0,918

Давление на забое скважины подбиралось по следующим соображениям. S.D. Joshi предлагает формулу для расчёта критического дебита, при превышении которого наблюдается образование конуса обводнения. С учётом перевода единиц из американских промысловых и обозначений, принятых в данной статье, она выглядит следующим образом:

$$q = 0,04541 \cdot \frac{L}{a} \cdot \Delta\rho \cdot \frac{K \cdot h^2}{\mu_n \cdot b} \cdot F, \quad (12)$$

где q – дебит скважины, м³/сут.; L – длина горизонтального ствола, м; a – большая полуось эллипса (контур питания), м; $\Delta\rho$ – разность плотностей жидкостей, г/см³; K – абсолютная проницаемость, мкм²; h – нефтенасыщенная толщина пласта, м; μ_n – вязкость нефти, МПа·с; b – объёмный коэффициент; F – безразмерный коэффициент:

$$F = 3,9624955 + 0,0616438 \cdot \left(\frac{a}{h}\right) - 0,00054 \cdot \left(\frac{a}{h}\right)^2.$$

Однако, подставляя исходные данные в формулу (12), получаем, что критический дебит составляет 0,27–0,45 м³/сут. Поддержание такого дебита нерентабельно для данного объекта разработки, поэтому было принято решение поддержания забойного давления на уровне 9 МПа, что даёт компромисс между дебитом скважины по нефти и риском быстрого образования конуса обводнения.

Определение оптимальной длины горизонтального ствола и расчёт добычных показателей скважины

Согласно методике, сначала был определён поправочный коэффициент F . Для этого были проанализированы дебиты скважин за последний месяц их работы (табл. 5). Скважина № 304 не рассматривалась, т.к. по ней отсутствуют данные по забойному давлению на турнейском объекте.

Таблица 5 – Теоретический и фактический дебиты по скважинам турнейского объекта Черновского месторождения (за последний месяц работы)

Скважина	Теоретический дебит $Q_{теор}$, м ³ /сут.	Фактический дебит $Q_{факт}$, м ³ /сут.	F (факт/расчёт)
306	344,4	22,0	0,06
410	75,7	1,6	0,02
402	71,8	70,0	0,97
305	55,7	17,9	0,32
404	208,4	3,6	0,02
среднее			0,28

Далее с учётом коэффициента эксплуатации и объёмного коэффициента путём расчётов с применением программы Excel пакета Microsoft Office были проведены расчёты до 2050 года. При расчётах полагалось, что при обводнённости продукции скважины более 98 % эксплуатация неэффективна. Были проведены расчёты для значений длины горизонтального ствола, указанных в таблице 4. Для выбора оптимальной длины горизонтального ствола были построены зависимости КИН от года и от обводнённости (рисунок 6).

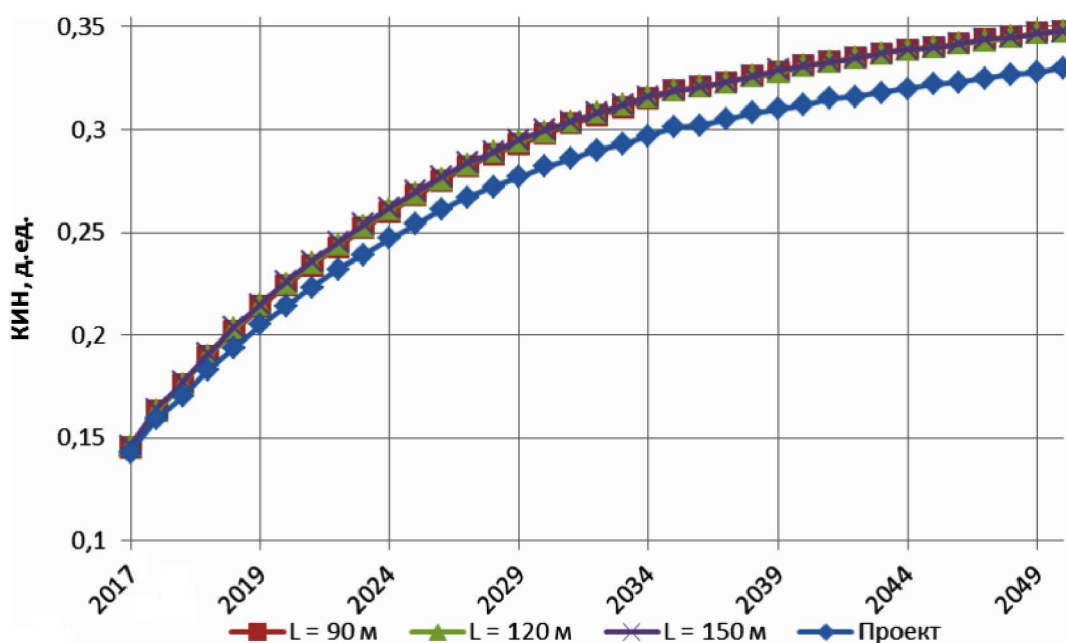
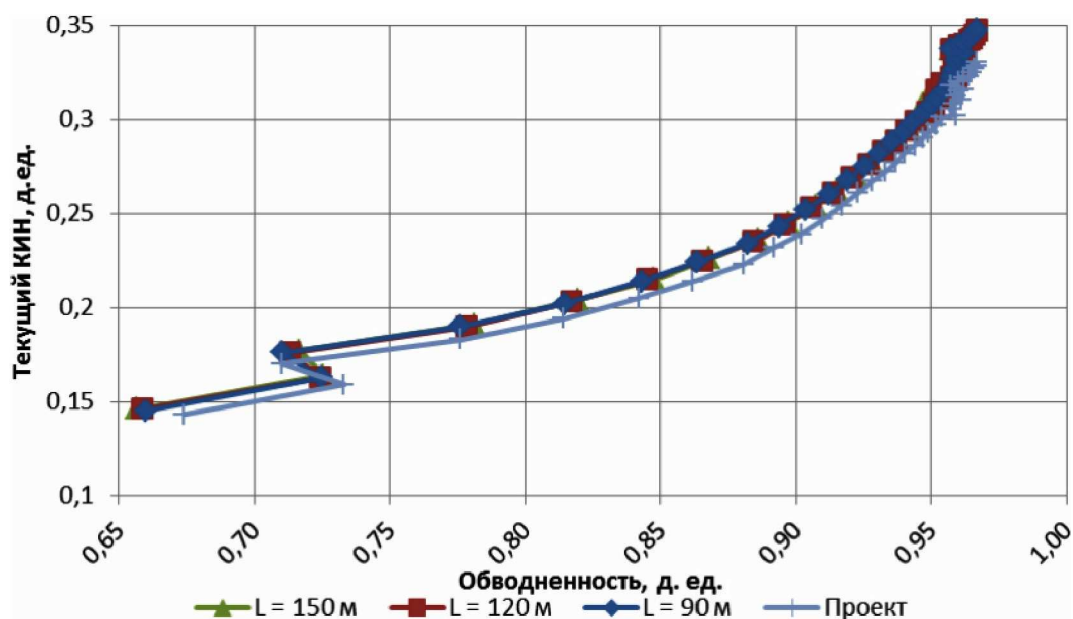


Рисунок 6 – Зависимость КИН от года и от обводнённости



Окончание рисунка 6 – Зависимость КИН от года и от обводнённости

Как видно, бурение БГС заметно увеличивает КИН, однако при значениях длины ствола от 90 до 150 м КИН возрастает незначительно. Это позволяет выбрать длину горизонтального ствола равной 90 м ввиду уменьшения экономических затрат на бурение БГС и риска попадания в водонасыщенную зону.

Анализ результатов математического моделирования показывает следующее. Бурение БГС из ствола скважины № 306 позволяет добыть дополнительно 26,0 тыс. тонн нефти и сократить срок достижения проектного значения КИН на 13 лет (с 2056 до 2043 гг.). Однако ввиду высокой вязкости добываемой продукции скважина быстро обводнится, и к 2037 году её эксплуатация будет нерентабельна. Таким образом, проектный срок эксплуатации скважины составляет 23 года.

За счёт увеличения коэффициента охвата пласта процессом дренирования увеличится конечный КИН. Планируемое превышение текущего КИН над проектным на 2050 год составляет 0,012 или 3,3 %.

На рисунке 7 приведено сравнение проектных и планируемых показателей добычи нефти турнейского объекта Черновского месторождения до 2050 года.

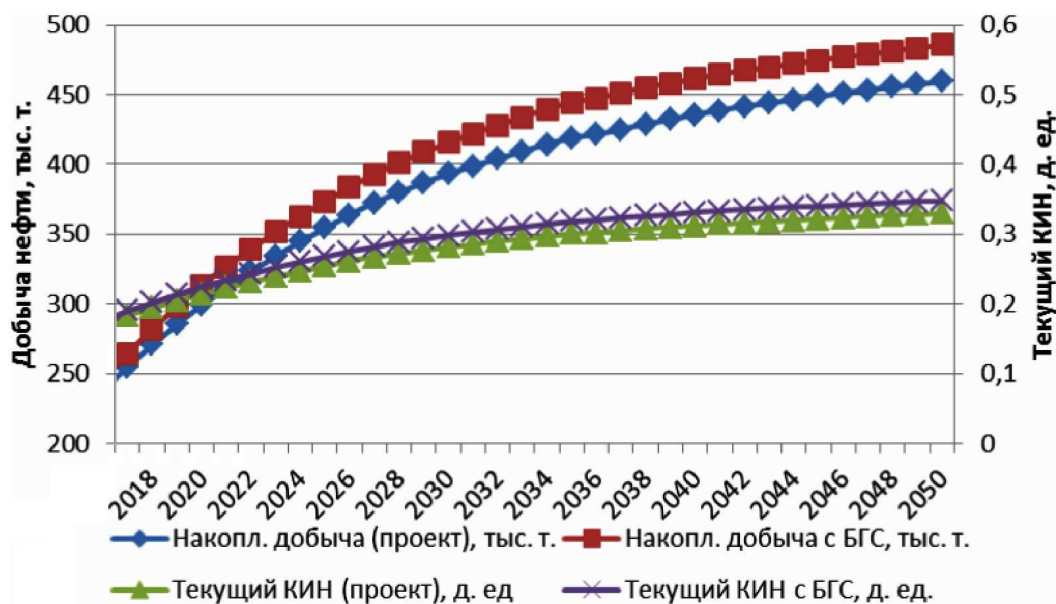
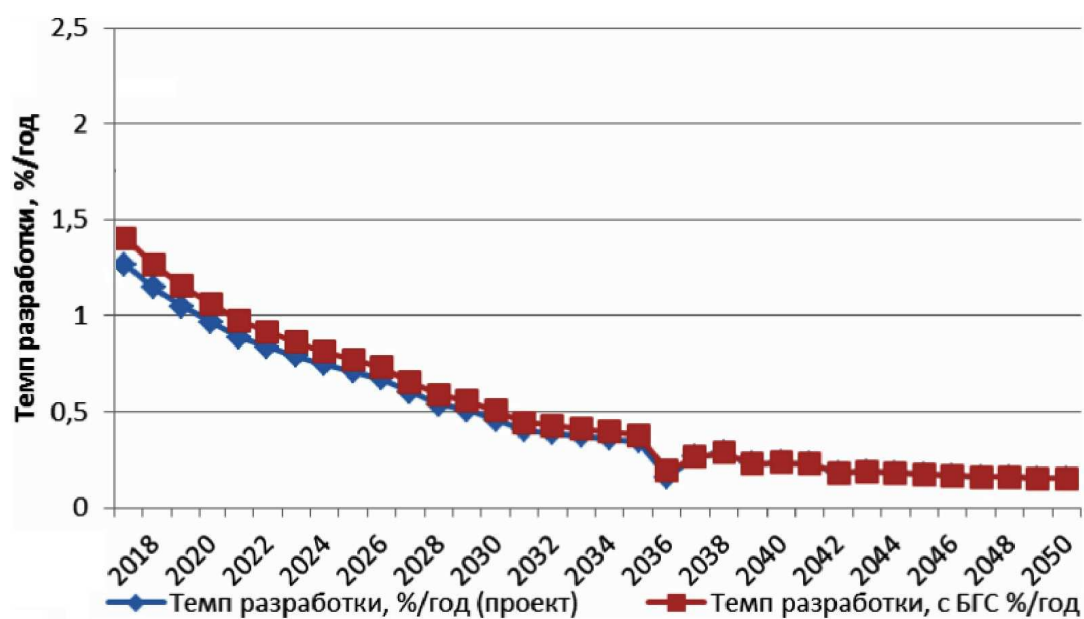


Рисунок 7 – Сравнение проектных и планируемых показателей добычи нефти турнейского объекта Черновского месторождения до 2050 года



Окончание рисунка 7 – Сравнение проектных и планируемых показателей добычи нефти турнейского объекта Черновского месторождения до 2050 года

Для добычи рекомендуется использование на начальном этапе насоса НВ1Б-44 либо НГН-2-56 с переходом на ЭЦН-80. Данные насосы были выбраны по той причине, что они широко используются на данном месторождении, позволяют добывать жидкость в проектных объёмах и не представляют сложности в замене на аналогичное оборудование при отказах и ремонтах. Наиболее оптимальная глубина спуска насоса составляет 680–1070 м при условии зарезки окна из скважины ниже этого уровня. Обуславливается это тем, что на данном участке набор кривизны минимален, что позволяет эксплуатировать насосы в наиболее благоприятных условиях. При заданном забойном давлении динамический уровень предполагается на уровне 400–500 м по вертикали от устья в зависимости от изменения плотности продукции скважины по мере её обводнения, что равно 540–650 м по глубине скважины.

При эксплуатации БГС глубинными насосами между штангами и трубами возникают значительные силы трения, приводящие к быстрому износу штанговых муфт и внутренней поверхности труб, что снижает их межремонтные периоды. Для предотвращения истирания труб и штанговых муфт рекомендуется применение роликовых, калёных либо шлифованных муфт, устанавливаемых в местах искривления ствола скважины. При наличии песка рекомендуется применять специальные скребки-завихрители, закалённые токами высокой частоты. Для борьбы с односторонним истиранием штанг и муфт рекомендуется использование штанговращателей. Число неполадок в скважинах значительно уменьшается при переводе станка-качалки на малое число двойных ходов (качаний) при большой длине хода.

С другой стороны, погружные центробежные насосы не имеют длинной колонны штанг между насосом и приводом, что позволяет передавать насосу значительно большую мощность, чем штанговой установке, тем самым увеличивая добычу пластовой жидкости. ЭЦН устанавливают в интервале ствола скважины с набором кривизны не более 2 град/10 м и при отклонении оси скважины от вертикали не более 45 град, что исключает отказы агрегата из-за несоосности движущихся узлов и деталей.

Литература:

1. Дополнение к технологической схеме разработки Черновского месторождения нефти Удмуртской Республики. – Ижевск : ОАО «УНПП НИПИнефть», 2006.
2. Дополнение к технологической схеме разработки Черновского месторождения. – Тюмень : ООО «РуссНефть – Научно-технический центр», ЗАО «ТюменьНИПИнефть», 2012.
3. Алиев З.С. Исследование горизонтальных скважин. – Уфа : НГТУ, 2004. – 365 с.

4. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Шостак Н.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. – Краснодар : ООО «Просвещение - Юг», 2011. – 203 с.
5. Басарыгин Ю.М., Будников В.Ф., Булатов А.И., Гераськин В.Г. Строительство наклонных и горизонтальных скважин. – М. : Издательство Недр, 2000. – 262 с.
6. Бердин Т.Г. Проектирование разработки нефтегазовых месторождений системами горизонтальных скважин. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 199 с.
7. Булатов А.И., Просёлков Е.Ю., Просёлков Ю.М. Бурение горизонтальных скважин : справочное пособие. – Краснодар : Издательство Советская Кубань, 2008. – 419 с.
8. Булатов А.И., Просёлков Ю.М. Справочник по бурению горизонтальных скважин : справочное пособие. – Краснодар : Издательство Советская Кубань, 2008. – 354 с.
9. Булатов А.И., Савенок О.В. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 522 с.
10. Булатов А.И., Савенок О.В. Заканчивание нефтяных и газовых скважин: теория и практика. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 539 с.
11. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
12. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
13. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
14. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
15. Кудинов В.И., Савельев В.А., Богомольный Е.И., Шайхутдинов Р.Т., Тимеркаев М.М., Голубев Г.Р. Строительство горизонтальных скважин. – М. : ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», 2007. – 688 с.
16. Левинсон Л.М., Акбулатов Т.О., Акчурин Х.И. Управление процессом искривления скважин : учебное пособие. – Уфа : Издательство УГНТУ, 2000. – 88 с.
17. Сучков Б.М. Горизонтальные скважины. – Москва-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. – 424 с.
18. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Швец В.В. Охрана труда и техника безопасности при бурении и эксплуатации нефтегазовых скважин : учебное пособие для студентов ВУЗов, обучающихся по направлению «Нефтегазовое дело». – Новочеркасск : Издательство «Лик», 2016. – 290 с.
19. Joshi S.D., Joshi Ph.D. Horizontal well technology. – Technologies International, Inc. Tulsa, OK, U.S.A, 1991.
20. Оценка перспективности бурения боковых горизонтальных стволов и совершенствования системы разработки на турнейском объекте Черновского месторождения. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65635a2bc79b4c53a89521216c27_0.html
21. Арутюнов А.А., Бондаренко В.А., Климов В.В., Кошелев А.Т., Савенок О.В., Усов С.В. Практические расчёты в бурении и нефтепромысловой практике: методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Буровое оборудование» и «Оборудование для добычи нефти» для студентов всех форм обучения направления 131000.62 Нефтегазовое дело. – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2014. – 55 с.
22. Волков Ю.А., Карпова Л.Г., Муслимов Р.Х. Анализ зарубежного опыта использования горизонтальных скважин при разработке нефтяных месторождений // Сборник научных трудов «Разработка нефтяных и газовых месторождений. Состояние и проблемы». – М. : ВНИИОЭНГ, 1996. – Вып. 3. – С. 242–254.
23. Кусов Г.В., Березовский Д.А., Савенок О.В. Перспективы разработки Самбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Особенности резки боковых стволов // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 73–99
24. Муслимов Р.Х., Султанов Э.И., Рамазанов Р.Г., Волков Ю.А. Системы разработки нефтяных месторождений с горизонтальными скважинами // Сборник научных трудов «Разработка нефтяных и газовых месторождений. Состояние и проблемы». – М. : ВНИИОЭНГ, 1996. – Вып. 3. – С. 61–71.
25. Савенок О.В., Борисайко Я.Ю., Яковлев А.Л. Управление продуктивностью скважин: методические указания по изучению дисциплины «Управление продуктивностью скважин» для студентов-бакалавров всех форм обучения и МИППС по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 68 с.

26. Хисамутдинов Н.И. Обоснование рациональной разработки многопластового месторождения системой горизонтальных скважин // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Нефтяное хозяйство». – М. : ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», 2001. – № 8. – С. 60–65.

27. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O., Likhacheva O.N., Kusov G.V. Secondary opening of productive layers // Advances in Engineering Research, volume 133 Proceeding of the International Conference «Actual Issues of Mechanical Engineering» 2017 (AIME 2017) Pages: 734–741. – URL : <http://www.atlantispress.com/proceedings/aime-17/articles?q=savenok>

References:

1. Addition to the technological scheme of development of the Chernovsky oil field of the Udmurt Republic. – Izhevsk : JSC UNPP Nipineft, 2006.
2. Addition to the technological scheme of development of the Chernovsky field. – Tyumen : LLC Russneft – Scientific and Technological Center, CJSC Tyumennipineft, 2012.
3. Aliyev Z.S. Research of horizontal wells. – Ufa : NGTU, 2004. – 365 p.
4. Antoniadi D.G., Savenok O.V., Shostak N.A. Theoretical bases of development of oil and gas fields : manual. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 203 p.
5. Basarygin Yu.M., Budnikov V.F., Bulatov A.I., Geraskin V.G. Construction of inclined and horizontal wells. – M. : Publishing house Subsoil, 2000. – 262 p.
6. Berdin T.G. Design of development of oil and gas fields systems of horizontal wells. – M. : LLC Nedra-Businesscentre, 2001. – 199 p.
7. Bulatov A.I., Prosyolkov E.Yu., Prosyolkov Yu.M. Drilling of horizontal wells : handbook. – Krasnodar : Publishing house Soviet Kuban, 2008. – 419 p.
8. Bulatov A.I., Prosyolkov Yu.M. Reference book on drilling of horizontal wells : handbook. – Krasnodar : Publishing house Soviet Kuban, 2008. – 354 p.
9. Bulatov A.I., Savenok O.V. Complications and accidents at construction oil and gas wells. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2010. – 522 p.
10. Bulatov A.I., Savenok O.V. Completion of oil and gas wells: theory and practice. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2010. – 539 p.
11. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology at construction of oil and gas wells : manual for students of higher education institutions. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 603 p.
12. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repairs of oil and gas wells in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2012–2015. – T. 1–4.
13. Bulatov A.I., Savenok O.V. Praktikum on discipline «Completion oil and gas wells» in 4 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2013–2014. – T. 1–4.
14. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 576 p.
15. Kudinov V.I., Savelyev V.A., Bogomolny E.I., Shaykhutdinov R.T., Timerkayev M.M., Golubev G.R. Construction of horizontal wells. – M. : CJSC Neftyanoye hozyaystvo Publishing House, 2007. – 688 p.
16. Levinson L.M., Akbulatov T.O., Akchurin H.I. Management of process of a curvature of wells: manual. – Ufa : UGNTU publishing house, 2000. – 88 p.
17. Suchkov B.M. Horizontal wells. – Moscow-Izhevsk : Research Center Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika, 2006. – 424 p.
18. Tretiak A.Ya., Savenok O.V., Shvets V.V. Labor protection and safety measures during the drilling and operation of oil and gas wells : the manual for students of HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS, students in the Oil and Gas Business direction. – Novocherkassk : Lik publishing house, 2016. – 290 p.
19. Joshi S.D., Joshi Ph.D. Horizontal well technology. – Technologies International, Inc. Tulsa, OK, U.S.A, 1991.
20. Assessment of prospects of drilling of side horizontal trunks and improvement of system of development on a turneysky object of the Chernovsky field. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65635a2bc79b4c53a89521216c27_0.html
21. Arutyunov A.A., Bondarenko V.A., Klimov V.V., Koshelev A.T., Savenok O.V., Usov S.V. Practical calculations in drilling and oil-field practice: methodical instructions to a practical training on disciplines «Drilling equipment» and «The equipment for oil production» for students of all forms of education of the direction 131000.62 Oil and gas business. – Krasnodar : Prod. KyбГТУ, 2014. – 55 p.
22. Volkov Yu.A., Karpova L.G., Muslimov R.H. The analysis of foreign experience of use of horizontal wells when developing oil fields // the Collection of scientific works «Development of oil and gas fields. State and problems». – M. : VNIIOENG, 1996. – Issue 3. – P. 242–254.

23. Kusov G.V., Berezovsky D.A., Savenok O.V. Prospects of development of the Samburgsky oil-gas condensate field. Features of kickoff of side trunks // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 73–99.

24. Muslimov R.H., Sultanov E.I., Ramazanov R.G., Volkov Yu.A. The systems of development of oil fields with horizontal wells // the Collection of scientific works «Development of oil and gas fields. State and problems». – M. : VNIOENG, 1996. – Issue 3. – P. 61–71.

25. Savenok O.V., Borisayko Ya.Yu., Yakovlev A.L. Management of efficiency of wells : methodical instructions on studying of discipline «Management of efficiency of wells» for students bachelors of all forms of education and MIPPS in the direction 21.03.01 «Oil and gas business». – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 68 p.

26. Hisamutdinov N.I. Justification of rational development of the multibedded field system of horizontal wells // Monthly scientific and technical and production magazine «Neftyanoye Hozyaystvo». – M. : CJSC Neftyanoye hozyaystvo Publishing House, 2001. – No. 8. – P. 60–65.

27. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O., Likhacheva O.N., Kusov G.V. Secondary opening of productive layers // Advances in Engineering Research, volume 133 Proceeding of the International Conference «Actual Issues of Mechanical Engineering» 2017 (AIME 2017) Pages: 734–741. – URL : <http://www.atlantis-press.com/proceedings/aime-17/articles?q=savenok>

УДК 622.276.66

УВЕЛИЧЕНИЕ КИН МЕТОДОМ ГРП ДЛЯ ДОВЫРАБОТКИ ЗАПАСОВ НА СЕВЕРО-НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

THE INCREASE IN THE OIL RECOVERY FACTOR BY THE HYDRAULIC FRACTURING METHOD FOR ADDITIONAL DEVELOPMENT OF RESERVES ON THE SEVERO-NEFTYANOYE FIELD

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук,
профессор кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Иолчуев Алишер Муслимович

студент-магистрант,
Институт нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный
технологический университет
alifootball@mail.ru

Аннотация. В ходе проведённых расчётов гидравлического разрыва пласта можно сказать, что при правильном выборе составляющих: состава жидкости разрыва (концентрация жидкости-песконосителя и пластовой жидкости, их вязкости, гранулометрический состав песка), доброкачественного оборудования (пескосмесительные агрегаты, обвязка и оборудование устья, выбор пакеров и их правильное применение) можно отметить, что при гидравлическом разрыве пласта увеличивается продуктивность скважины, проницаемость пласта, расширяется зона дренирования. Это позволяет увеличить дебиты скважин после ГРП почти в 2 раза при тех же прочих условиях. Поэтому ГРП при современных рыночных отношениях является одним из самых эффективных, доступных и экономически выгодных мероприятий.

Ключевые слова: увеличение коэффициента извлечения нефти; метод гидравлического разрыва пласта; довыработка запасов нефти; эффективность извлечения нефти; технологическая эффективность ГРП; расчёт параметров скважины-кандидата ГРП; экономическое обоснование эффективности ГРП.

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of technical sciences,
Professor of oil and gas
engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
olgasavenok@mail.ru

Iolchuev Alisher Muslimovich

Masters' student,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban state technological university
alifootball@mail.ru

Annotation. In the course of the calculations of hydraulic fracturing of the formation, it can be said that with the right choice of the components: the composition of the fracturing fluid (the concentration of the sand-carrier liquid and formation fluid, their viscosity, the granulometric composition of sand), benign equipment (sand-mixing units, strapping and equipment of the mouth, the choice of packages and their correct application), it can be noted that during hydraulic fracturing the reservoir increases the productivity of the well, the permeability of the formation, and the drainage zone expands. This allows to increase well flow rates after fracturing by almost 2 times under the same other conditions. Therefore, hydraulic fracturing of the formation under modern market relations is one of the most effective, affordable and cost-effective activities.

Keywords: increase of oil recovery coefficient; method of hydraulic fracturing; additional development of oil reserves; oil recovery efficiency; technological efficiency of hydraulic fracturing; calculation of parameters of the well-candidate of hydraulic fracturing; economic justification of the efficiency of the hydraulic fracturing.

Эффективность извлечения нефти из нефтеносных пластов современными, промышленно освоенными методами разработки во всех нефтедобывающих странах на сегодняшний день считается неудовлетворительной, притом что потребление нефтепродуктов во всём мире растёт из года в год. Средняя конечная нефтеотдача пластов по различным странам и регионам составляет от 25 до 40 %.

Например, в странах Латинской Америки и Юго-Восточной Азии средняя нефтеотдача пластов составляет 24–27 %, в Иране – 16–17 %, в США, Канаде и Саудовской Аравии – 33–37 %, в странах СНГ и России – до 40 % в зависимости от структуры запасов нефти и применяемых методов разработки.

Остаточные (или неизвлекаемые промышленно освоенными методами разработки) запасы нефти достигают в среднем 55–75 % от первоначальных геологических запасов нефти в недрах (рис. 1).

Поэтому актуальными являются задачи применения новых технологий нефтедобычи, позволяющих значительно увеличить нефтеотдачу уже разрабатываемых пластов, на которых традиционными методами извлечь значительные остаточные запасы нефти уже невозможно.



Рисунок 1 – Соотношение извлекаемых и остаточных запасов нефти

Рассматриваемым нами объектом являются залежи нефти Северо-Нефтяного нефтяного месторождения, относящегося к числу «старых», малопродуктивных промышленных объектов, расположенных на крайне западной части нефтедобывающей провинции Краснодарского края (держатель лицензии на разработку месторождения – ООО «РН-Краснодарнефтегаз»).

Северо-Нефтяное месторождение расположено в Темрюкском районе Краснодарского края, в 10 км юго-западнее г. Темрюка. Месторождение открыто в 1982 году, разработка месторождения началась в 1985 году.

Лицензией на право пользования недрами Северо-Нефтяного месторождения владеет ОАО «НК «Роснефть». Часть запасов залежи западного купола и всего восточного купола верхнесарматского горизонта отнесены к нераспределённому фонду недр, поскольку эти залежи распространяются за пределы границ лицензионного участка. Добыча нефти осуществлялась в границах лицензии.

Начальные геологические/извлекаемые запасы нефти, извлекаемые запасы растворённого газа и геологические запасы газа газовых шапок были утверждены в следующих количествах (табл. 1):

Таблица 1 – Начальные геологические/извлекаемые запасы нефти

Продуктивные отложения	Нефть, тыс. тонн		Растворённый газ, млн. м ³		Свободный газ, млн. м ³	Газ газовых шапок, млн. м ³
	B	C ₁	B	C ₁	C ₁	C ₁
1	2	3	4	5	6	7
Западный купол						
Верхний сармат	449 133	661 196	25	28		31
В т.ч. за пределами ЛУ, нераспределённый фонд		7 2				
Нижний сармат	148 40	384 105	10	25		30
Караган		387 103		5		
Чокрак	216 62	600 171	3	10		
Всего по куполу	813 235	2032 575	38	68		
В т.ч. за пределами ЛУ, нераспределённый фонд		7 2				

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Восточный купол (за пределами ЛУ, нераспределённый фонд)						
Верхний сармат		$\frac{1060}{314}$		23	394	
Всего по месторождению						
В т.ч. по пластам:						
Верхний сармат	$\frac{449}{133}$		25	51	394	31
Нижний сармат	$\frac{148}{40}$	$\frac{384}{105}$	10	25		30
Караган		$\frac{387}{103}$		5		
Чокрак	$\frac{216}{62}$	$\frac{600}{171}$	3	10		
В т.ч. за пределами ЛУ, нераспределённый фонд		$\frac{1067}{316}$		23	394	

По состоянию на 01.01.2017 г. в целом по Северо-Нефтяному месторождению накопленная добыча, осуществлённая ООО «НК «Роснефть» с начала разработки, составляет:

- нефти – 246 тыс. тонн;
- растворённого газа – 16 млн. м³;
- газа газовых шапок – 19 млн. м³, в том числе:

Горизонт	нефти, тыс. тонн	растворённого газа, млн. м ³	газа газовых шапок, млн. м ³
Верхний сармат	172	12	15
Нижний сармат	32	4	4
Караган	1	–	
Чокрак	41	2	

Добыча нефти, осуществлённая ООО «РН - Краснодарнефтегаз» до начала лицензирования, составляет 5 тыс. тонн.

Текущее состояние разработки эксплуатационных объектов

Караганский горизонт

В добыче нефти участвовали 6 скважин, из них 3 пробурены на горизонт и 3 были переведены с чокракского горизонта (№№ 10, 73 и 87).

По караганскому горизонту промышленный отбор осуществлялся фонтанным способом со средним дебитом скважин по нефти 0,35 тонн/сут. и жидкости 3,6 тонн/сут. до 1995 года.

Скважины с караганского горизонта переводились в консервацию и на другие горизонты со средним дебитом нефти 0,1 тонн/сут. и обводнённостью около 99 %.

Таким образом, эксплуатация караганского горизонта характеризовалась весьма неблагоприятными показателями – дебиты скважин по нефти составляли лишь первые доли тонн/сут., на этом пласте в эксплуатации перебивало меньше всего скважин. И это притом, что он имеет сопоставимую, например, с нижнесарматским горизонтом нефтенасыщенную толщину, меньшую вязкость нефти и многократно большую проницаемость – 40 мД против 2,7 мД. При этом на караганском ярусе нет газовой шапки.

Согласно подсчётному плану и построенным геолого-гидродинамическим моделям караганского яруса, скважины №№ 51 и 77 находятся на ВНК, скважины №№ 10, 73 и 87 проходят вблизи тектонических нарушений, что в целом предопределило их очень низкую продуктивность и преждевременное обводнение. И только скважина № 17 попала в чисто нефтяную зону блока III (эффективная нефтенасыщенная толщина – 2,6 м), по

которой накопленная добыча нефти и составила 912 тонн. В 1986 году скважина переведена на другой объект. Остальные скважины либо не эксплуатировались на караганском ярусе, либо проходят в его непродуктивной части.

Накопленные отборы нефти по караганскому горизонту составляют чуть больше 1 тыс. тонн. С 2008 по 2016 гг. добыча нефти с караганского горизонта не производилась.

Текущий коэффициент нефтеизвлечения по караганскому горизонту на 01.01.2017 г. составил 0,004 доли ед.

Максимальный уровень отбора нефти был достигнут в 1988 году, при этом отбор от начальных извлекаемых запасов составил 1,3 %, темп отбора от НИЗ – 0,44 %.

Нижнесарматский горизонт

В добывающем фонде скважин нижнесарматского горизонта пребывало 22 скважины, все участвовали в добыче. Из 22 добывающих скважин 17 пробурены, 4 были переведены с нижележащего чокракского горизонта (№№ 42, 43, 47 и 49).

По нижнесарматскому горизонту промышленный отбор осуществлялся фонтанным способом со средним дебитом скважин по нефти 1,5 тонн/сут. и жидкости 2,5 тонн/сут. до 1999 года.

Скважины с нижнесарматского горизонта переводились в консервацию и на другие горизонты со средним дебитом нефти 0,13 тонн/сут. и обводнённостью около 98 %. Накопленные отборы нефти по чокракскому горизонту составляют 32 тыс. тонн. С 2008 по 2016 гг. добыча нефти с нижнесарматского горизонта не производилась.

Текущий коэффициент нефтеизвлечения по нижнесарматскому горизонту на 01.01.2017 г. составил 0,060 доли ед., отбор от начальных извлекаемых запасов составил 20,9 %.

Максимальный уровень отбора нефти был достигнут в 1987 году, при этом отбор от начальных извлекаемых запасов составил 10,6 %, темп отбора от НИЗ – 7,1 %.

Верхнесарматский горизонт

В добывающем фонде скважин верхнесарматского горизонта пребывало 30 скважин, все участвовали в добыче. Из 30 добывающих скважин было на горизонт пробурено только 3. 10 скважин были переведены с чокракского горизонта (№№ 12, 37, 42, 43, 47, 49, 54, 57, 76 и 94), 2 были переведены с караганского горизонта (№№ 17 и 51), 15 – были переведены с нижнесарматского горизонта (№№ 38, 41, 44, 46, 48, 56, 58, 69, 82, 86, 91, 92, 93, 96 и 97).

На 01.01.2017 г. верхнесарматский горизонт эксплуатируется 11-ю добывающими скважинами, из них 1 является фонтанной, 10 механизированными. Среднесуточный дебит по нефти за 2016 год составил 1,7 тонн/сут., по жидкости 3,3 тонн/сут., обводнённость 47,8 %.

Накопленный отбор нефти по верхнесарматскому горизонту составляет 177 тыс. тонн, что составляет 29,1 % от начальных извлекаемых запасов. Текущий КИН для верхнего сармата составил 0,082 доли ед., 5 тыс. тонн нефти было добыто на Восточном куполе (нераспределённый фонд) двумя скважинами, пробуренными в 80-х годах. За 2016 год добыча нефти на верхнем сармате составила 5,6 тыс. тонн, что соответствует темпу отбора от НИЗ – 1,7 % и темпу отбора от ТИЗ – 3,1 %.

Максимальный уровень отбора нефти был достигнут в 1991 году, при этом отбор от начальных извлекаемых запасов составил 9 %, темп отбора от НИЗ – 3,8 %.

Чокракский горизонт

В добыче нефти участвовали 28 скважин. Из 28 добывающих скважин 27 пробурены на горизонт, 1 скважина (№ 77) была переведена в 1987 году с караганского горизонта.

Отбор продукции в течение всего периода разработки по чокракскому горизонту осуществлялся фонтанным способом со средним дебитом скважин по нефти 1,2 тонн/сут. и жидкости 6,4 тонн/сут. Добывающие скважины прекращали работать на чокракский горизонт с дебитом в среднем около 0,2 тонн/сут. и обводнённостью в среднем около 97 %. В 2006 году из консервации была выведена скважина № 83, она отработала 468 часов со средним дебитом по нефти 0,4 тонн/сут. и жидкости 0,61 тонн/сут. На 01.01.2017 г. эта скважина продолжает оставаться одной из двух находящихся в бездействии.

Накопленные отборы нефти по чокракскому горизонту составляют 41 тыс. тонн. За последний год работы добыча нефти составила 0,022 тыс. тонн при обводнённости 66 %, темпе отбора от НИЗ – 0,01 %, темпе отбора от ТИЗ – 0,02 %. С 2008 по 2016 гг. добыча нефти с чокракского горизонта не производилась.

Текущий коэффициент нефтеизвлечения по чокракскому горизонту на 01.01.2017 г. составил 0,05 доли ед., отбор от начальных извлекаемых запасов составил 16,7 %.

Максимальный уровень отбора нефти был достигнут в 1987 году, при этом отбор от начальных извлекаемых запасов составил 11,9 %.

На рисунке 2 приведена характеристика технологических параметров разработки Северо-Нефтяного месторождения.

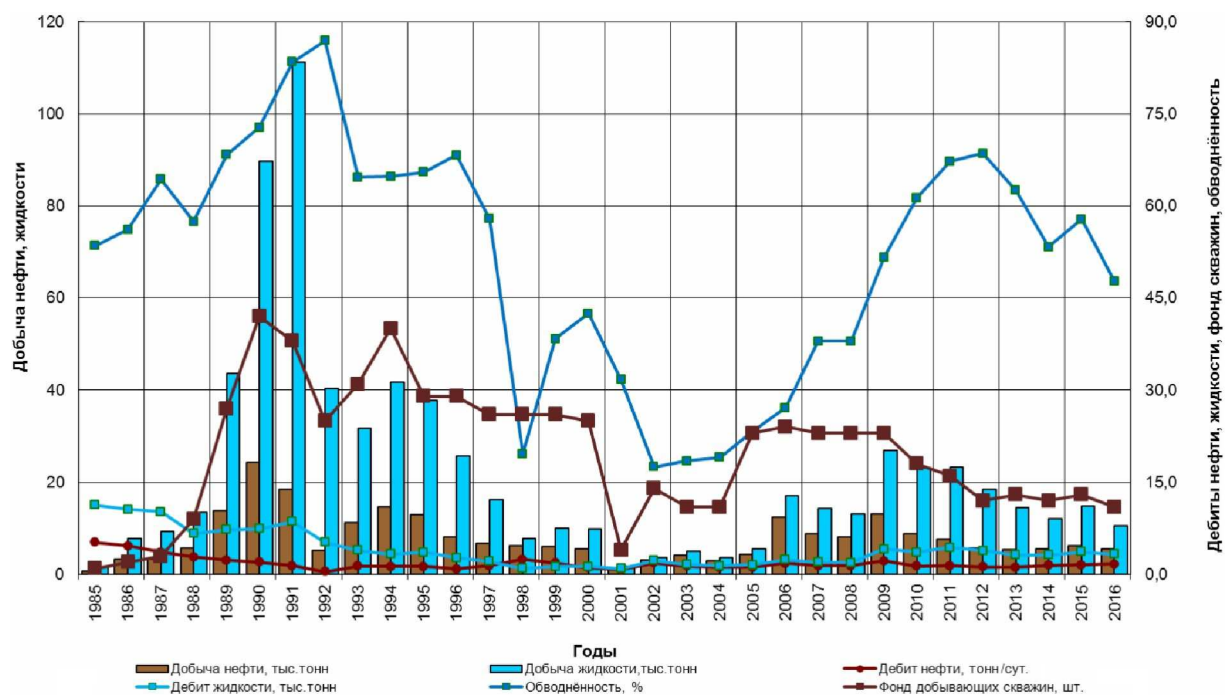


Рисунок 2 – Характеристика технологических параметров разработки Северо-Нефтяного месторождения

Можно сделать заключение, что на Северо-Нефтяном месторождении при текущем состоянии разработки утверждённого КИН не достигнуть. Малая нефтеотдача обуславливается высокой обводнённостью продукции и значительным количеством неработающих скважин. На 01.01.2017 г. в разработку не вовлечена большая часть извлекаемых запасов.

Необходимо обязательно увеличить комплекс высокоэффективных мероприятий по увеличению КНО, например: ГКО, ГРП, перестрел, бурение вторых стволов, бурение новых скважин.

Выводы по текущему состоянию разработки

Текущее состояние разработки характеризуется:

- низкими дебитами скважин по жидкости и нефти, низкими темпами отбора нефти;
- высокой обводнённостью продукции скважин с начала разработки;
- снижением продуктивных характеристик залежей за время разработки;
- низкой эффективностью действующей системы разработки.

Требуется повышение продуктивности скважин и объектов разработки, осуществление эффективного контроля и планирования регулирующих мероприятий.

Анализ разработки месторождения показывает, что перспективы доработки могут быть связаны с:

- залежами, обладающими наибольшей концентрацией остаточных подвижных запасов нефти;

- проведением мероприятий по оптимизации существующей системы разработки;
- наращиванием фонда действующих скважин за счёт вывода из бездействия и наблюдения;
- массовым проведением на скважинах прогрессивных ГТМ (РИР, ГРП, технологий ОПЗ);
- наращиванием $K_{охв}$ по площади путём бурения новых добывающих скважин и боковых (вторых) стволов.

В статье рассматривается проведение гидравлического разрыва пласта как один из способов увеличения КИН на Северо-Нефтяном месторождении.

Определение технологической эффективности ГРП

Ожидаемый технологический эффект от ГРП по приближённой формуле И.В. Кривоносова и И.А. Чарного определяется как:

$$n = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\lg\left(\frac{R_k}{r_c}\right)}{\lg\left(\frac{R_k}{\ell/4}\right)}, \quad (1)$$

где Q_1 и Q_2 – дебит скважины соответственно до и после ГРП, тонн/сут.

Из этой формулы следует, что дебит скважины после ГРП:

$$Q_2 = n \cdot Q_1. \quad (2)$$

При расчёте потребного технического обеспечения процесса находят число насосных и пескосмесительных агрегатов, а также количество автоцистерн.

Насосные агрегаты принимают в соответствии с их подачей при определённых давлениях. Потребное число насосных агрегатов определяется из выражения:

$$N = \frac{P_y \cdot Q_{ж}}{P_a \cdot Q_a \cdot K_m} + 1, \quad (3)$$

где Q_a – производительность агрегата при рабочем давлении, л/с; K_m – коэффициент технического состояния агрегата в зависимости от срока службы агрегата ($K_m = 0,5 \div 0,8$); $Q_{ж}$ – темп закачки жидкости гидроразрыва; P_a – рабочее давление агрегата, МПа; P_y – давление разрыва на устье скважины, МПа.

Пескосмесительные агрегаты выбирают, исходя из заданного количества песка. Автоцистерны находят по общему объёму жидкостей для ГРП.

Расчёт параметров скважины-кандидата ГРП

В настоящее время разработаны множество программных комплексов, позволяющих моделировать геометрию трещины, её проводимость с учётом оперативно изменяющихся данных по свойствам и проницаемости пластов, диаметру НКТ, давления гидроразрыва, видов и производителей проппантов, применяемых и необходимых расходов насосных агрегатов. Программные комплексы существенно ускоряют и облегчают работу по моделированию параметров трещины. Результат моделирования выгружается в отдельный файл Excel, называющийся дизайном ГРП. К наиболее распространённым программным комплексам относятся:

- Meyer MFrac;
- FracCade;
- FracProPT;
- GONFER;
- StimPT (КО).

Расчёт в программе FracProPT, проведённый нами по скважине № 104 Северо-Нефтяного месторождения, представлен ниже.

1. Составляется фрак-форма для загрузки данных по скважине в программный комплекс:

Данные по скважине - кандидату ГРП

Месторождение Field	Северо - Нефтяное		Скважина Well	104
Пласт Formation	Чокрак		Куст Kust	

Конструкция скважины

Тип колонны Casing type	Нар. Диаметр O.D.	Глубина спуска Shoe depth		Высота подъема цемента CBL Level	
Направление Conductor	426 mm	21,7	m	21,7-0,0	m от устья from surface
Кондуктор S/Casing	324 mm	200,1	m	200,1-0,0	m от устья from surface
Тех Колонна Intern./Casing	245 mm	753	m	753,0-0,0	m от устья from surface
Э/колонна Prod/Casing	146 mm	1002,8	m	1002,8-0,0	m от устья from surface

Конструкция эксплуатационной колонны

Глубина Depth		Наружный диам.	Толщина стенки		Внутренний диаметр	Марка стали Steel Grade
От (From)	До (To)	O.D. (mm)	W.Th. (mm)		I.D. (mm)	
1002,8	0	146	8,5		129	Д
			170	атм atm		

Альtitуда ротора, м Altitude of Rotary Table	49,48	Альtitуда муфты Altitude of W.H. Flange	45,33	Ар - Ам KB - WF	4,15	М m
---	-------	--	-------	--------------------	------	--------

Тип Ф/А, завод изготовитель Type of WH, manufacturer	АФ КЗ-65х21				
Тип КГ, завод изготовитель Type of casing head, manufacturer	ОКК2-35-146х245х324				
Максимальный угол в скважине Maximum Wellbore Deviation	14,46	град deg	На глубине At the Depth		740 М m
Искусственный забой PBD	983,2	М m	Текущий забой Current depth		982 М m

Данные по перфорации

Глубина Depth		Пласт Formation	тип перфоратора gun type	отв/м spm	дата перфорации perf date
От (From)	До (To)				
924,0	923,0	Чокрак	ЗПКТ 89НБО+ГП	20	планируемый
918,9	917,8				
916,1	915,0				
900,3	896,9				

Данные по пласту

Тип пласта-коллектора reservoir type	карбонатно-поровый	
Газовый фактор GOR	м3/м3 m3/m3	56,3
Давление насыщения Bubble point pressure	Атм. atm	100
Вязкость нефти Oil viscosity	МПа*с mPa*s	16,3
Плотность нефти в пов. усл. Oil density (ambient conditions)	г/см3	0,893
Относит. плотность газа (по воздуху) Relative gas density	кг/м3	0,599
Объемный коэффициент нефти Formation volume factor	м3/м3	1,129
Радиус дренирования скважины Drainage radius	М m	150
Расстояние до газонасыщенной залежи Water-bearing formation distance	М m	-
Температура на забое BH temperature	°C	53
Начальное пластовое давление Initial formation pressure	Атм. atm	174
Текущее пластовое давление Formation pressure	Атм. atm	165
Эффективная мощность Net pay	М m	6,6
Общая мощность пласта Gross pay	М m	27
Пористость пласта Porosity	%	0,178
Проницаемость пласта Reservoir permeability	мД mD	14

2. По результатам загруженных данных по пластам, наличию оборудования, типа проппанта строится геометрия, обеспечивающая максимальную проводимость (длина, ширина, высота), но исключающая прорыв в водоносные горизонты и пропластки:

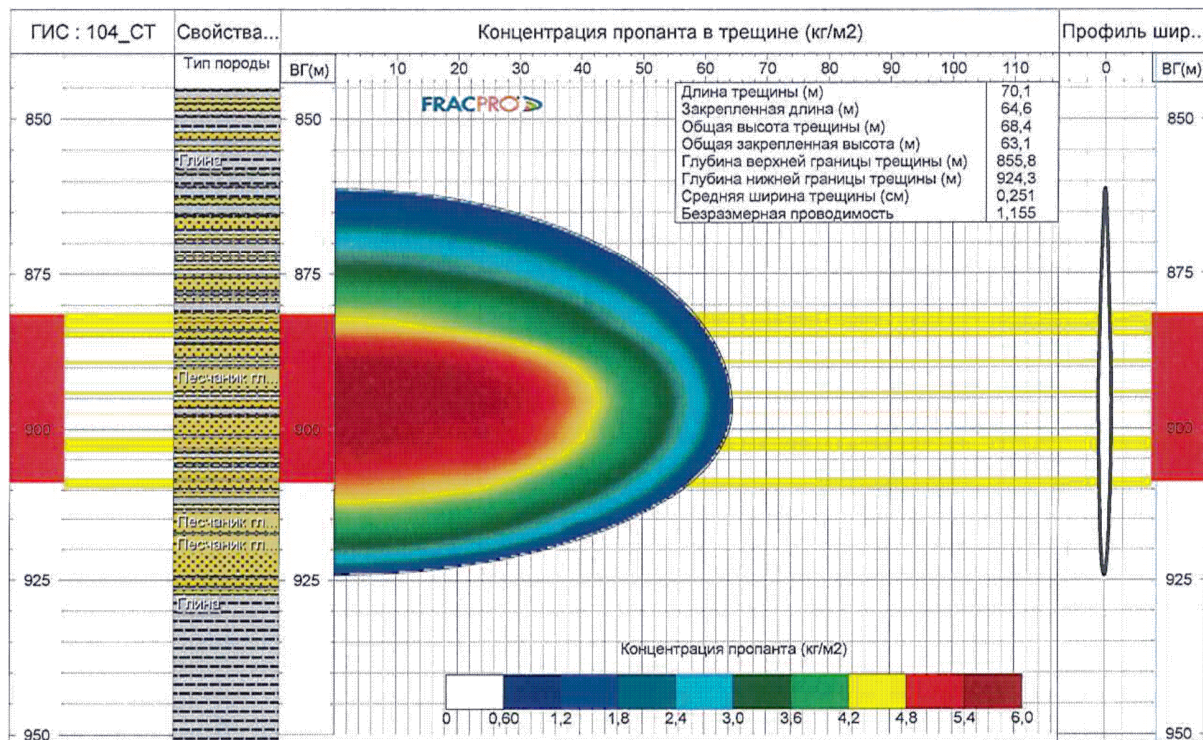


Рисунок 3 – Профиль трещины с ГИС и пропластками

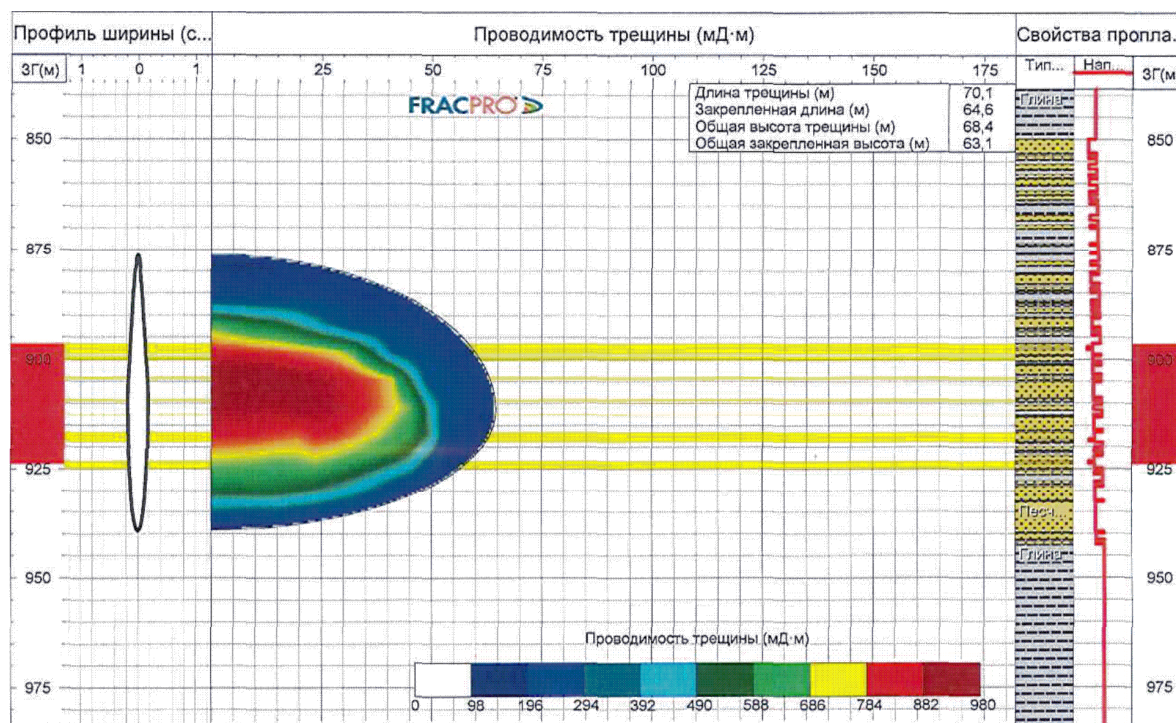


Рисунок 4 – Проводимость трещины

3. После моделирования трещины с максимальной проводимостью проект сохраняется и выгружается программа работ, включающая поэтапные параметры работы насосных агрегатов, расход проппанта пескосмесителями, давления на устье и т.д.:

Краткие данные по подвергаемой гидроразрыву скважине.
(приведены на основании предоставленной заказчиком информации)

Данные по техническому состоянию скважины

Конструкция обсадной колонны:

Глубина Depth		Наружный диам.	Толщина стенки	Внутренний диаметр	Марка стали Steel Grade
От (From)	До (To)	O.D. (mm)	W.Th. (mm)	I.D. (mm)	
0	1002,8	146	8,5	129	Д
Э/К опрессована на Production casing pressure tested			170	атм atm	

Текущий забой **982 м.**

Данные по перфорации:

Глубина Depth		Пласт	тип перфоратора	отв/м	дата перфорации
От (From)	До (To)	Formation	gun type	spm	perf date
896,9	900,3	Чокрак	ЗПКТ 89НБО+ГП	20	
915	916	Чокрак	ЗПКТ 89НБО+ГП	20	
917,8	918,9	Чокрак	ЗПКТ 89НБО+ГП	20	
923	924	Чокрак	ЗПКТ 89НБО+ГП	20	

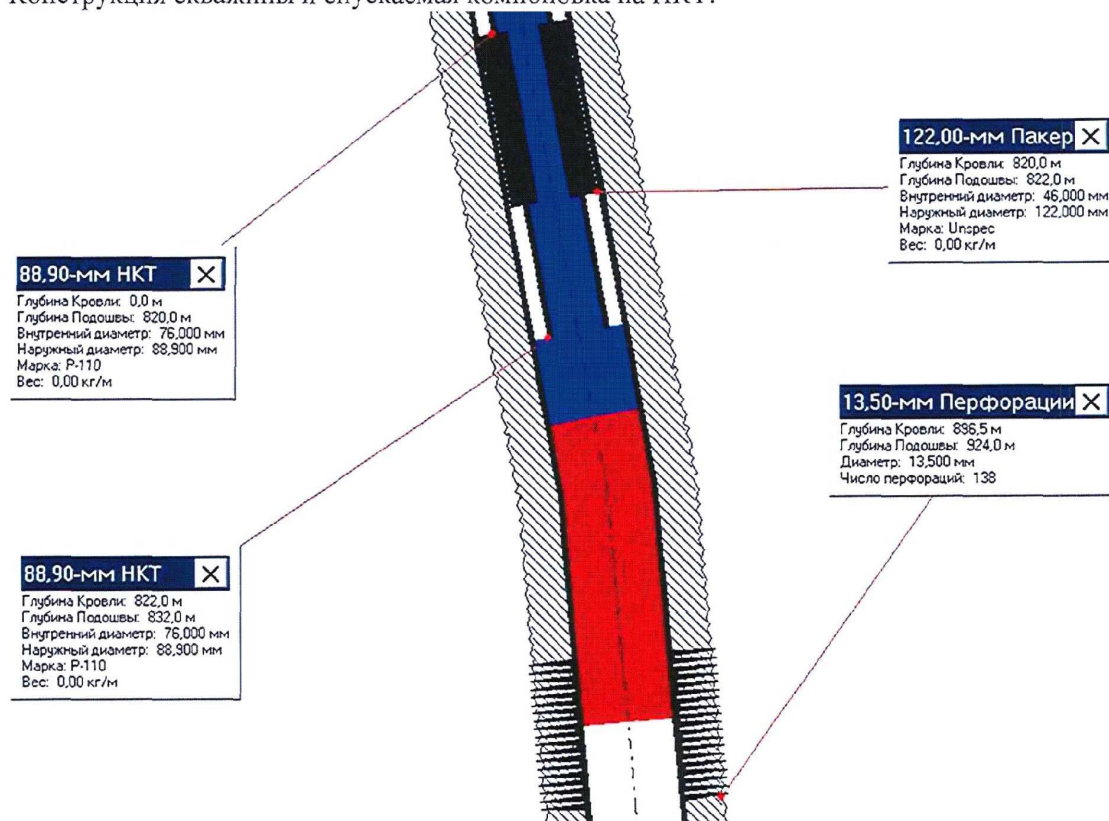
Планируемая спускаемая компоновка НКТ (марка труб Р-110):

Длина (м)	Тип сегмента	Внутренний диаметр НКТ (мм)	Наружный диаметр НКТ (мм)	Марка
210	Наземная линия	110.000	139.700	Р-110
820	НКТ	76.000	88.900	Р-110
2	Пакер	46.000	122.000	ПРО-ЯМОЗ-ЯГ2-122
8	НКТ	76.000	88.900	Р-110

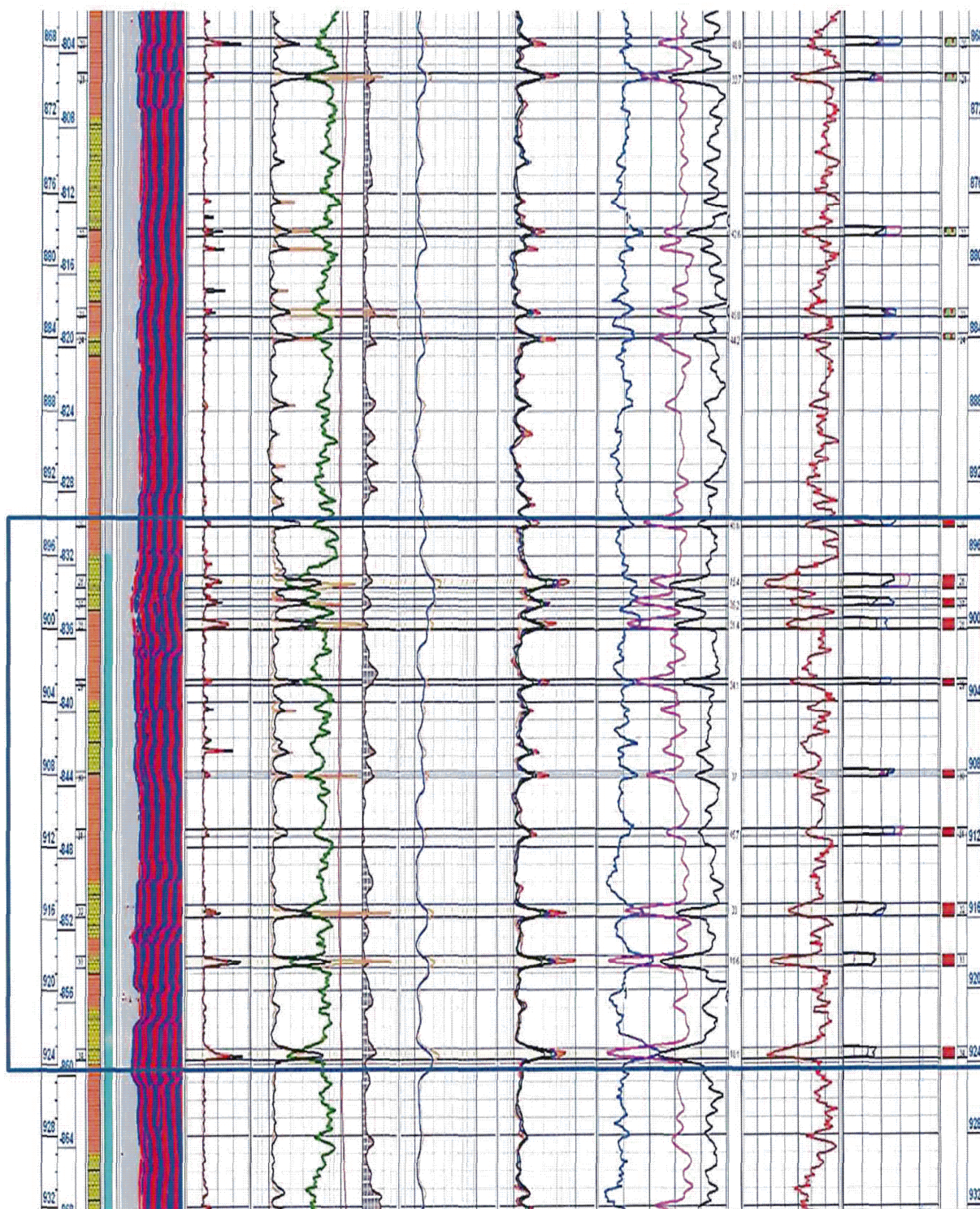
Суммарный объем подвески НКТ (м³) 6.61
Закачка через НКТ

Исходные данные обрабатываемого пласта

(приведены на основании предоставленной заказчиком информации)
Конструкция скважины и спускаемая компоновка на НКТ:



Данные ГИС:



Дизайн-проект проведения ГРП

(составлен на основании предоставленных данных в программном комплексе FracproPT)

Параметры пропластков

Проласток №	Кровля (м)	Литология	Трещиностойкость (кПа·см ^{0.5})	Давление смыкания (атм)	Градиент давления смыкания (атм/м)	Модуль Юнга (атм)	Коэффициент Пуассона	Суммарный коэффициент фильтрации (м/мин ^{0.5})	Проницаемость пласта по пластовой жидкости (мД)
1	0,0	Глина	1200,0	137,8	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
2	850,0	Песчаник гли	1000,0	125,5	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
3	853,1	Глина	1200,0	138,4	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
4	853,8	Песчаник гли	1000,0	125,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
5	854,5	Глина	1200,0	138,6	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
6	855,6	Песчаник гли	1000,0	126,2	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
7	856,7	Глина	1200,0	139,0	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
8	857,9	Песчаник гли	1000,0	126,5	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
9	858,6	Глина	1200,0	139,2	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
10	859,0	Песчаник гли	1000,0	126,7	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
11	860,3	Глина	1200,0	139,6	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
12	861,6	Песчаник гли	1000,0	127,1	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
13	862,3	Глина	1200,0	139,8	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
14	862,6	Песчаник гли	1000,0	127,2	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
15	863,5	Глина	1200,0	140,1	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
16	864,3	Песчаник гли	1000,0	127,4	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
17	864,6	Глина	1200,0	140,4	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
18	867,1	Песчаник гли	1000,0	127,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
19	868,2	Глина	1200,0	140,9	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
20	869,3	Песчаник гли	1000,0	128,2	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
21	870,1	Глина	1200,0	141,4	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
22	873,5	Песчаник гли	1000,0	128,8	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
23	873,9	Глина	1200,0	141,9	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
24	875,7	Песчаник гли	1000,0	129,1	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
25	876,0	Глина	1200,0	142,2	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
26	877,8	Песчаник гли	1000,0	129,5	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
27	878,7	Глина	1200,0	142,6	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
28	880,3	Песчаник гли	1000,0	129,8	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
29	880,5	Глина	1200,0	142,8	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
30	880,8	Песчаник гли	1000,0	130,0	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
31	882,8	Глина	1200,0	143,2	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
32	883,6	Песчаник гли	1000,0	130,3	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
33	884,2	Глина	1200,0	143,4	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
34	884,6	Песчаник гли	1000,0	130,5	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
35	884,9	Глина	1200,0	143,7	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
36	886,6	Песчаник гли	1000,0	130,8	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
37	887,0	Глина	1200,0	143,9	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
38	887,4	Песчаник гли	1000,0	130,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
39	887,8	Глина	1200,0	144,1	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
40	888,6	Песчаник гли	1000,0	131,1	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
41	889,3	Глина	1200,0	144,3	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
42	890,2	Песчаник гли	1000,0	131,3	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
43	890,6	Глина	1200,0	144,5	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
44	890,8	Песчаник гли	1000,0	131,5	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
45	892,7	Глина	1200,0	144,8	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
46	893,1	Песчаник гли	1000,0	131,7	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00

Отраслевые научные и прикладные исследования: Науки о земле

47	893,4	Глина	1200,0	145,0	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
48	894,0	Песчаник гли	1000,0	131,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
49	894,5	Глина	1200,0	145,3	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
50	896,4	Песчаник гли	1000,0	132,3	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
51	897,2	Песчаник	800,0	123,5	0,1400	9,52e+04	0,200	7,399e-04	1,400e+01
52	897,8	Песчаник гли	1000,0	132,5	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
53	898,9	Глина	1200,0	145,9	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
54	899,3	Песчаник гли	1000,0	132,7	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
55	900,3	Глина	1200,0	146,1	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
56	900,9	Песчаник гли	1000,0	132,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
57	901,1	Глина	1200,0	146,2	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
58	901,4	Песчаник гли	1000,0	133,1	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
59	903,3	Глина	1200,0	146,6	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
60	904,0	Песчаник гли	1000,0	133,4	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
61	904,6	Глина	1200,0	146,8	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
62	905,2	Песчаник гли	1000,0	133,8	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
63	908,8	Глина	1200,0	147,5	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
64	909,1	Песчаник гли	1000,0	134,1	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
65	909,6	Глина	1200,0	147,7	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
66	910,5	Песчаник гли	1000,0	134,4	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
67	911,5	Глина	1200,0	148,0	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
68	912,6	Песчаник гли	1000,0	134,6	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
69	912,8	Глина	1200,0	148,1	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
70	913,2	Песчаник гли	1000,0	134,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
71	916,0	Глина	1200,0	148,7	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
72	916,6	Песчаник гли	1000,0	135,3	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
73	918,2	Песчаник	800,0	126,5	0,1400	9,52e+04	0,200	7,399e-04	1,400e+01
74	918,6	Песчаник гли	1000,0	135,5	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
75	918,9	Глина	1200,0	149,2	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
76	919,9	Песчаник гли	1000,0	135,8	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
77	920,6	Глина	1200,0	149,4	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
78	920,9	Песчаник гли	1000,0	135,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
79	921,3	Глина	1200,0	149,6	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
80	922,1	Песчаник гли	1000,0	136,1	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
81	923,3	Песчаник	800,0	127,2	0,1400	9,52e+04	0,200	7,399e-04	1,400e+01
82	923,8	Песчаник гли	1000,0	136,4	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
83	924,9	Глина	1200,0	150,2	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
84	925,5	Песчаник гли	1000,0	136,6	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
85	926,2	Глина	1200,0	150,4	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
86	927,8	Песчаник гли	1000,0	136,9	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
87	928,4	Глина	1200,0	150,7	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
88	929,1	Песчаник гли	1000,0	137,3	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
89	932,4	Глина	1200,0	151,4	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
90	932,8	Песчаник гли	1000,0	138,1	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
91	939,5	Глина	1200,0	152,5	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
92	940,0	Песчаник гли	1000,0	138,8	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
93	941,3	Глина	1200,0	152,8	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01
94	941,9	Песчаник гли	1000,0	139,0	0,1500	2,30e+05	0,220	7,118e-04	7,000e+00
95	942,5	Глина	1200,0	153,0	0,1650	5,08e+05	0,250	3,102e-04	1,000e-01

План обработки на основе входных данных

104 СН МИНИ-ГРП

№д/э станции	чистый				смесь				пропант				Сливатель	Деструктор 1	Деструктор 2	Деструктор 3	Продолжение льность этапа	Время до окончания ГРП
	чистый объем станции м ³	концентрация кг/м ³	средн кг/м ³	расход вес м ³ /мин	Грязн. объем станции м ³	сумма м ³	расход выход м ³ /мин	тип флорцда	проп. на станции	проп. весог	тип проп.	плотн.						
1	6,6	Гидротест		3,50	6,6	6,6	3,5	EPС LT (2814)	0,0	0,0	0	1,40	WBСap LT	2,00	WGB-2	0:01:53	0:23:41	
2		Остановка заправки			6,6	6,6			0,0	0,0	0					0:15:00	0:21:48	
3	2,0	Мини-ГРП		3,50	2,0	8,6	3,5	EPС LT (2814)	0,0	0,0	0	1,40	EB-102	2,00	WGB-2	0:00:34	0:06:48	
4	4,5	150	300	225	4,8	13,4	3,5	EPС LT (2814)	1012,2	1012,2	2650	1,40	WBСap LT	2,00	WGB-2	0:01:22	0:06:14	
5	2,0	Продавка мини-ГРП		3,50	2,0	15,4	3,5	EPС LT (2814)	0,0	1012,2	0	1,40	WBСap LT	2,00	WGB-2	0:00:34	0:04:52	
6	9,0	Продавка мини-ГРП		3,50	9,0	24,4	3,5	EPС LT (2800)lin	0,0	1012,2		0,00	WBСap LT	0,50	WGB-2	0:02:34	0:04:17	
7	3,0	ТСР		3,5..0	3,0	27,4	3,5..0	EPС LT (2800)lin	0,0	1012,2		0,00	WBСap LT	0,50	WGB-2	0:01:43	0:01:43	
8		Остановка заправки			27,4	27,4			1012,2	1012,2						0:00:00	0:00:00	
Гидро- тест/ мини- ГРП	Чистый объем сумма	27,1			Грязный объем сумма	27,4			пропант сумма	1012,2	Итого сумма	21,1	13,6	30,2	0,0	0:23:41		

104 СН основное ГРП

1	25,0	Буферосного ГРП		3,50	25,0	25,0	3,5	EPС LT (2814)	0,0	0,0	0	1,40	0,50	2,00		0:07:09	0:27:27
2	11,0	100	250	175	11,6	36,6	3,5	EPС LT (2814)	1918,9	1918,9	2650	1,40	0,60	2,00		0:03:19	0:20:19
3	9,5	250	400	325	10,5	47,1	3,5	EPС LT (2814)	3082,4	3082,4	2650	1,40	0,60	2,00		0:03:00	0:17:00
4	9,9	400	550	475	11,4	58,5	3,5	EPС LT (2814)	4697,4	4697,4	2700	1,40	0,70	2,00		0:03:15	0:14:00
5	9,0	550	700	625	10,8	69,3	3,5	EPС LT (2814)	5620,5	5620,5	2700	1,40	0,75	2,00		0:03:05	0:10:45
6	7,6	700	800	750	9,4	78,7	3,5	EPС LT (2814)	5698,4	5698,4	2700	1,40	0,80	2,00		0:02:41	0:07:39
7	5,0	800	1000	900	6,6	85,3	3,5	EPС LT (2814)	4495,6	4495,6	2870	1,40	0,90	2,00	0,20	0:01:53	0:04:58
8	3,5	1000	1000	1000	4,7	90,0	3,5	EPС LT (2814)	3500,0	3500,0	2870	1,40	0,90	2,00	0,30	0:01:21	0:03:05
9	1,5	Продавка		3,50	1,5	91,5	3,5	EPС LT (2814)				1,40		2,00	0,60	0:00:26	0:01:45
10	4,6	Продавка		3,50	4,6	96,1	3,5	EPС LT (2800)lin				0,00		2,00	0,60	0:01:19	0:01:19
11		Остановка заправки			96,1	96,1										0:00:00	0:00:00
Осн. ГРП	Чистый объем сумма	86,6			Грязный объем сумма	96,1			пропант сумма	29013,2	Итого сумма	114,8	52,2	164,0	5,7	0:27:27	
Σ	сумма	113,7			сумма	123,5			сумма	30025,4		135,9	65,8	194,2	5,7		

Материал	Количество	Единицы измерения
ЕРС LT (2814)	97,10	м3
ЕРС LT (2800)lin	16,60	м3
ForeProp 20/40	6000.00	кг
ForeProp 16/20	16000.00	кг
BorProp RCP 12/18	8000.00	кг

Планируемый водозабор – Ханьков
 Объем воды для замешивания – 125 м³

Химреагенты*

Тип химреагента	Линейный гель		Сшитый гель		Общая потребность
	Концентрация кг/м ³ (л/м ³)	Потребность	Концентрация кг/м ³ (л/м ³)	Потребность	
Гелеобразователь WG-46, кг	2,8	61,6	2,8	288,4	350
Боратный шиватель WGXL-10.1, л	0	0	1,4	137,2	137,2
Дезмульгатор WNE-135, л	2	44	2	206	250
Стабилизатор глин WCS-100, л	2	44	2	206	250
Деструктор WBCap-LT, кг	0,5 (мини-ГРП)	13,6	0,5-0,9	52,2	65,8
Деструктор WGB-2, кг	0	0	0,2-0,6	5,7	5,7
Деструктор EB-102, л	0		2	194,2	194,2
Биоцид АМА 35D-P, кг	0,05	1,1	0,05	5,15	6,25

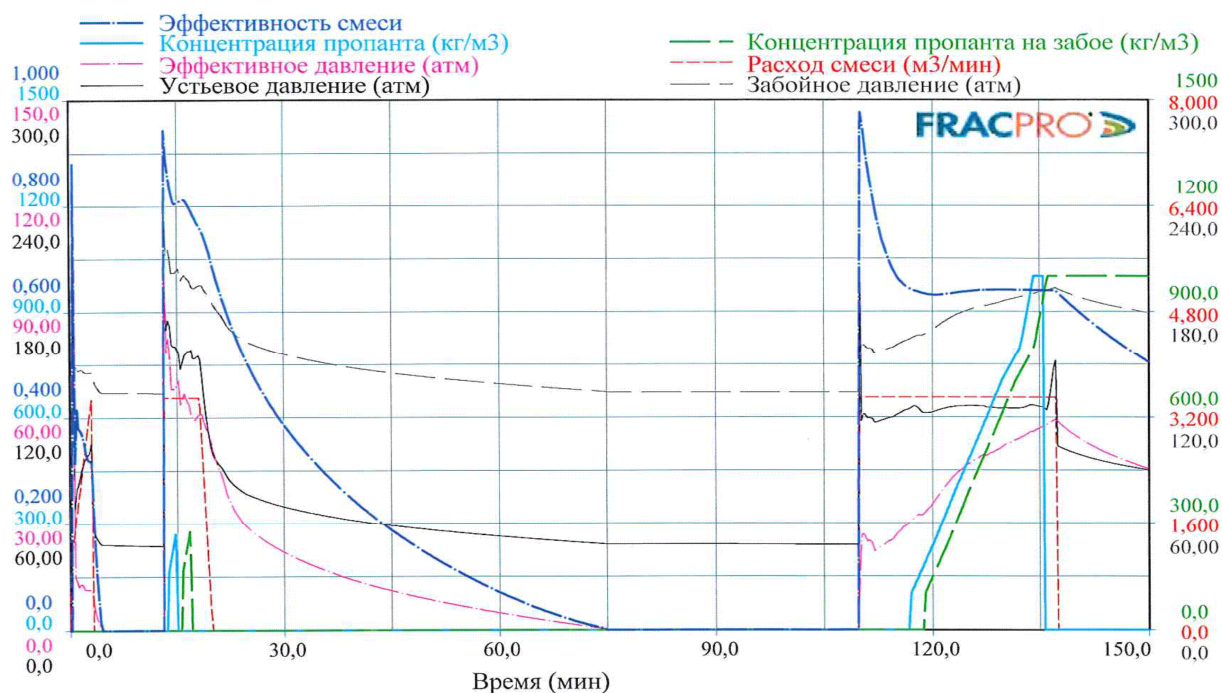
Вода пресная = 125 м³

*Фактический график закачки основного ГРП, соответственно и требуемые объемы химреагентов для приготовления геля основного ГРП, могут быть изменены по результатам проведенного информационного мини-ГРП.

Порядок проведения работ на скважине:

- 1 Осмотр устья, кустовой площадки, емкостей.
 - 2 Инструктаж персонала и удаление посторонних людей.
 - 3 Расстановка и обвязка оборудования и спецтехники согласно утвержденной схемы
 - 4 Проверка качества воды и тестирование химреагентов.
 - 5 Подключение агрегатов флота ГРП к СКУ.
 - 6 Приготовление жидкости разрыва для проведения информационного мини-ГРП.
 - 7 Создание давления агрегатом ЦА-320 в затрубном пространстве скважины до 100 атм (значение корректируется по прибытию на скважину).
 - 8 Опрессовка линии высокого давления на давление не менее 250 атм (150% от ожидаемого максимального давления) с последующим стравливанием давления.
 - 9 Визуальный осмотр всех линий манифольда, аппаратуры.
 - 10 Проведение мини-ГРП в соответствии с дизайн-проектом.
 - 11 Обсчет данных мини-ГРП, при необходимости – внесение корректировок в график закачки основного ГРП (редизайн).
 - 12 Приготовление жидкости разрыва для основного ГРП.
 - 13 Проведение ГРП в соответствии с утвержденным дизайн-проектом (редизайном).
 - 14 После окончания ГРП запись устьевого давления до смыкания трещины.
 - 15 Герметизация устья скважины, стравить давление в линии и затрубном пространстве скважины.
 - 16 Разборка линии манифольда высокого и низкого давления.
 - 17 Укладка и сборка оборудования в транспортное положение.
 - 18 Демобилизация техники флота ГРП с места производства работ.
- При предоставленной пластовой температуре=53°C и предложенной загрузке химреагентов время полного разложения геля ГРП составит 6-8 часов.

Планируемый график закачки:



Расчет прироста дебита скважины после ГРП. Скважина 104 Северо-Нефтяное месторождение

Пласт Чокрак

Исходные данные / Initial data

Пластовое давление / Formation pressure	165	атм
Условно взятое забойное давление / Bottom flowing pressure	0	атм
ГД проницаемость / Permeability	14	миллидарси
Продуктивная мощность пласта / Net pay	6,6	м
Общая мощность пласта / Gross pay	27	м
Вязкость пластовой нефти / Formation oil viscosity	16,300	сантипуаз
Объемный фактор нефти / Volume factor	1,129	
Полная сжимаемость / Total compressibility	0,0003	1/атм
Радиус дренирования / Drainage radius	150	м
Радиус ствола скважины / Wellbore radius	0,073	м
Предполагаемая обводненность / Water cut	61	%

Данные дизайна ГРП / Fracture design data

Масса пропанта / Proppant mass, (16/20, 12/18, 12/18 SSP)	30,00	т
Объем чистой жидкости без учета неиспользуемого остатка / Fluids required	113,70	м ³
Закрепленная высота трещины / Propped fracture height, Hf	63	м
Закрепленная длина трещины (одно крыло) / Propped fracture length (one wing)	65	м
Средняя закрепленная ширина трещины / Average fracture width on proppant	2,50	мм
Безразмерная проводимость трещины / Dimensionless conductivity, Fcd	0,9	

Расчет прироста дебита скважины после ГРП / Post frac production rate incremental calculations

Скин фактор после ГРП / Post frac skin factor	-4,39	
Коэффициент продуктивности до ГРП / PI before frac	0,03	м ³ /сут/атм
Коэффициент продуктивности после ГРП / Post frac PI	0,11	м ³ /сут/атм
Кратность увеличения коэффициента продуктивности / Folds of increase	3,17	
Безразмерный коэффициент продуктивности после ГРП / Post Frac Jd	0,50	
Дебит по жидкости после ГРП / Post frac fluid rate	25,12	м ³ /сут
Дебит по нефти после ГРП / Post frac oil rate	8,75	т/сут
Дебит по жидкости до ГРП (скин=6) / Fluid rate before frac (skin=6)	0,00	м ³ /сут
Дебит по нефти до ГРП (скин=6) / Oil rate before frac (skin=6)	0,00	т/сут
Прирост дебита по нефти / Oil rate incremental	8,75	т/сут

Экономическое обоснование эффективности ГРП

Суточный дебит вследствие проведения мероприятия увеличился с 0 до 8,75 тонн/сут. Экономические расчёты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели

№№ п/п	Наименование показателей	до	после	отклонение + / –
1	Суточный дебит, тонн/сут.	0	8,75	+8,75
2	Годовая добыча, тонн/год	1327	3745	+2418
3	Себестоимость 1 тонны нефти, руб.	672,3	521,2	–151,1
4	Условно-годовая экономия, тыс. руб.		565,9	+565,9
5	Удельная условно-годовая экономия, руб.		151,1	+151,1
6	Прибыль, тыс. руб.	235,8	12131,4	+995,6
7	Удельная прибыль, руб.	177,7	328,8	+151,1

Анализируя технико-экономические показатели, можно сделать вывод, что в результате проведения гидравлического разрыва пласта на скважине № 104 Северо-Нефтяного месторождения прирост среднесуточного дебита составил 8,75 тонн/сут. Годовая добыча нефти увеличилась на 2418 тонн/год. При этом снизилась себестоимость 1 тонны нефти на 151,1 руб. За счёт этого прибыль составила 12131,4 тыс. руб.

На основании проведённого анализа считаем, что метод ГРП позволяет быстрее достичь проектного коэффициента нефтеотдачи, тем самым получить отдачу на вложенные денежные средства в более короткий период. В современных условиях это является основным критерием экономической привлекательности финансовых вложений.

Литература:

1. Гидравлический разрыв пластов. Современные достижения в области проектирования обработки скважин методом ГРП. Oilfield Review.
2. Булатов А.И., Савенок О.В. Заканчивание нефтяных и газовых скважин: теория и практика. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2010. – 539 с.
3. Булатов А.И., Волощенко Е.Ю., Кусов Г.В., Савенок О.В. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин : учебное пособие для студентов вузов. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
4. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.
5. Булатов А.И., Савенок О.В. Практикум по дисциплине «Заканчивание нефтяных и газовых скважин» в 4 томах : учебное пособие. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2013–2014. – Т. 1–4.
6. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
7. Булатов А.И., Качмар Ю.Д., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Освоения нафтових і газових свердловин. Наука і практика : монографія. – Львів: Сполум, 2018. – 476 с.
8. Климов В.В., Савенок О.В., Лешкович Н.М. Основы геофизических исследований при строительстве и эксплуатации скважин на нефтегазовых месторождениях. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 274 с.
9. Попов В.В., Третьяк А.Я., Савенок О.В., Кусов Г.В., Швец В.В. Геофизические исследования и работы в скважинах : учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2017. – 326 с.
10. Патент № 2507389. Способ гидравлического разрыва пласта / Е.П. Запорожец, Н.А. Шостақ, Д.Г. Антониади, О.В. Савенок. – Заявка № 2012133791. Приоритет изобретения 07 августа 2012 г. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 февраля 2014 г. Срок действия патента истекает 07 августа 2032 г. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный технологический университет».
11. Антониади Д.Г., Арутюнов Т.В., Савенок О.В. База данных «Гидравлический разрыв пласта». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620811. Заявка № 2015620282. Дата поступления 27 марта 2015 г. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 25 мая 2015 г.

12. Савенок О.В., Кусов Г.В. Повышение эффективности газоконденсатоотдачи с помощью гидроразрыва пласта на Ново-Уренгойском газоконденсатном месторождении // Аналитический научно-технический журнал «ГеоИнжиниринг». – Краснодар : Изд-во ЗАО НИПИ «Инж-Гео», 2006. – № 2. – С. 88–91.

13. Яковлев А.Л., Березовский Д.А., Кусов Г.В. Техника и технология проведения кислотного гидравлического разрыва пласта // Сборник статей научно-информационного центра «Знание» по материалам XXI Международной заочной научно-практической конференции «Развитие науки в XXI веке» (16 января 2017 года, г. Харьков). – Х. : научно-информационный центр «Знание», 2017. – Ч. 2. – С. 25–40.

14. Яковлев А.Л., Кусов Г.В., Машаду Мартинью Лимбин Батишта, Очерedyкo Т.Б. Анализ эффективности применения ГРП на Ельниковском нефтяном месторождении // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 1. – С. 128–151.

15. Арутюнов Т.В., Березовский Д.А., Кусов Г.В. Анализ технологии проведения гидравлического разрыва пласта в условиях объекта Ю1 Снежного месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2017. – № 02. – URL : vsn.esrae.ru/2-9 Режим доступа: <http://vsn.esrae.ru/pdf/2017/02/9.PDF>

16. Арутюнов Т.В., Березовский Д.А., Кусов Г.В. Анализ эффективности гидроразрыва пласта на Сабанчинском нефтяном месторождении // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2017. – № 03. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2017/03/14.PDF>

17. Дашкевич Д.В., Шальская С.В. Арутюнов Т.В. Техника и технология проведения гидравлического разрыва пласта ЮВ1 Верхне-Колик-Еганского месторождения // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 4. – С. 250–274.

18. Арутюнов Т.В., Березовский Д.А., Кусов Г.В. Анализ эффективности проведения гидравлического разрыва пласта Когалымского месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2018. – № 01. – URL : vsn.esrae.ru/4-20

19. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O., Likhacheva O.N., Kusov G.V. Secondary opening of productive layers // Advances in Engineering Research, volume 133 Proceeding of the International Conference «Actual Issues of Mechanical Engineering» 2017 (AIME 2017) Pages: 734–741. – URL : <http://www.atlantis-press.com/proceedings/aime-17/articles?q=savenok>

20. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Datsenko E.N., Orlova I.O., Likhacheva O.N., Petrushin E.O. Technology and Field Tests of Cement Slurry Treatment by Means of Electrical Hydropulse Device in the Initial Period of WOC // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR) Volume 8, Issue 4, 2017, pp. 1061–1066 ISSN 0976-2612, Online ISSN 2278-599X. – URL : https://drive.google.com/file/d/1We1PZT4aPJk_SB69iLvVZugUvZuJ4LAN/view

References:

1. Hydraulic rupture of layers. Modern achievements in the field of design of processing of wells by GRP method. Oilfield Review.

2. Bulatov A.I., Savenok O.V. Completion of oil and gas wells: theory and practice. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2010. – 539 p.

3. Bulatov A.I., Voloshchenko E.Yu., Kusov G.V., Savenok O.V. Ecology at construction of oil and gas wells : manual for students of higher education institutions. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 603 p.

4. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repairs of oil and gas wells in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2012–2015. – Т. 1–4.

5. Bulatov A.I., Savenok O.V. Praktikum on discipline «Completion oil and gas wells» in 4 volumes : manual. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2013–2014. – Т. 1–4.

6. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of development of oil and gas wells. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 576 p.

7. Bulatov A.I., Kachmar Yu.D., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Osvoennya naftovy i gazovy sverdlovin. Science i practice : monograph. – L'viv : Spol, 2018. – 476 p.

8. Klimov V.V., Savenok O.V., Leshkovich N.M. Bases of geophysical surveys at construction and operation of wells on oil and gas fields. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – 274 p.

9. Priests V.V., Tretiak A.Ya., Savenok O.V., Kusov, Shvets V.V. Geophysical researches and works in wells : manual. – Novochoerkassk: Face, 2017. – 326 p.

10. Patent No. 2507389. Way of hydraulic fracturing / E.P. Zaporozhets, N.A. Shostak, D.G. Antoniadi, O.V. Savenok. – Application No. 2012133791. Invention priority on August 07, 2012. It is registered in the State register of inventions of the Russian Federation on February 20, 2014. Period of validity of the patent expires on August 07, 2032. Patent holder: Federal state-funded educational institution of the highest professional education «Kuban state technological university».

11. Antoniadis D.G., Arutyunov T.V., Savenok O.V. Hydraulic fracturing database. Certificate on the state registration of the database No. 2015620811. Application No. 2015620282. Date of receipt on March 27, 2015 Date of the state registration in the Register of databases on May 25, 2015.

12. Savenok O.V., Kusov G.V. Increase in efficiency of a gazokondensatootdacha with the help of hydraulic fracturing of layer on the New and Urengoy gas-condensate field // the Analytical scientific and technical magazine «Geoinzhiniring». – Krasnodar : CJSC NIPI Inzh-Geo publishing house, 2006. – No. 2. – P. 88–91.

13. Yakovlev A.L., Berezovsky D.A., Kusov G.V. Tekhnik and technology of carrying out acid hydraulic fracturing // Collection of articles of Znaniye scientific information center for materials XXI of the International correspondence scientific and practical conference «Development of Science in the 21st Century» (on January 16, 2017, Kharkiv). – Kharkiv : Zna-niye scientific information center, 2017. – P. 2. – P. 25–40.

14. Yakovlev A.L., Kusov G.V., Machado Martinyu Limbin Batishta, Ocheredko T.B. The analysis of efficiency of application of GRP on the Elnikovskiy oil field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 1. – P. 128–151.

15. Arutyunov T.V., Berezovsky D.A., Kusov G.V. The analysis of technology of carrying out hydraulic fracturing in the conditions of an object Yu1 of the Snow field // Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2017. – No. 02. – URL : vs.n.esrae.ru/2-9 access Mode: <http://vs.n.esrae.ru/pdf/2017/02/9.PDF>

16. Arutyunov T.V., Berezovsky D.A., Kusov G.V. The analysis of efficiency of hydraulic fracturing of layer on the Sabanchinsky oil field // the Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2017. – No. 03. – URL : <http://vs.n.esrae.ru/pdf/2017/03/14.PDF>

17. Dashkevich D.V., Shalskaya S.V. Arutyunov T.V. Tekhnik and technology of carrying out hydraulic fracturing of YuV1 of the field Verkhne-Kolik-Yoganskogo // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 4. – P. 250–274.

18. Arutyunov T.V., Berezovsky D.A., Kusov G.V. Analysis of efficiency of carrying out hydraulic fracturing of the Kogalym field // Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2018. – No. 01. – URL : vs.n.esrae.ru/4-20

19. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O., Likhacheva O.N., Kusov G.V. Secondary opening of productive layers // Advances in Engineering Research, volume 133 Proceeding of the International Conference «Actual Issues of Mechanical Engineering» 2017 (AIME 2017) Pages: 734–741. – URL : <http://www.atlantis-press.com/proceedings/aime-17/articles?q=savenok>

20. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Datsenko E.N., Orlova I.O., Likhacheva O.N., Petrushin E.O. Technology and Field Tests of Cement Slurry Treatment by Means of Electrical Hydropulse Device in the Initial Period of WOC // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR) Volume 8, Issue 4, 2017, pp. 1061–1066 ISSN 0976-2612, Online ISSN 2278-599X. – URL : https://drive.google.com/file/d/1We1PZT4aPJk_SB69iLvVZugUvZuJ4LAN/view

УДК 622.276

**УТОЧНЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СЕНОМАНСКОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЛЕЖИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН
ЮЖНО-РУССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**UPDATE OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS
OF THE SENOMAN GAS DEPOSIT BY RESULTS
OF GAZODYNAMIC RESEARCH OF WELLS
OF THE YUZHNO-RUSSKOYE FIELD**

Сопнев Тимур Владимирович

начальник управления геологии, разработки
и лицензирования месторождений,
ООО «Газпром добыча Ямбург»
blak7@rambler.ru

Бекетов Сергей Борисович

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры геофизических
методов поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых,
Северо-Кавказский
федеральный университет
bsb.gt@rambler.ru

Аннотация. В статье проведено уточнение эксплуатационной характеристики сеноманской газовой залежи по результатам газодинамических исследований скважин Южно-Русского месторождения. Проведён анализ проводки и конструкция эксплуатационных скважин, обобщены результаты газодинамических исследований скважин. Выполнен анализ реализуемой схемы вторичного вскрытия; сделана настройка моделей пробуренных скважин. Проведено уточнение продуктивных характеристик и создание моделей проектных скважин.

Ключевые слова: анализ проводки и конструкция эксплуатационных скважин; результаты газодинамических исследований скважин; анализ реализуемой схемы вторичного вскрытия; настройка моделей пробуренных скважин; уточнение продуктивных характеристик; создание моделей проектных скважин.

Sopnev Timur Vladimirovich

Head of the department of geology,
development and licensing of deposits,
LLC «Gazprom добыча Yamburg»
blak7@rambler.ru

Beketov Sergey Borisovich

Doctor of the technical sciences,
professor, professor of geophysical
methods for prospecting and exploration
of mineral deposits department,
North-Caucasian Federal University
bsb.gt@rambler.ru

Annotation. The article clarifies the operational characteristics of the senoman gas deposit by the results of gas-dynamic studies of the wells of the Yuzhno-Russkoye field. The analysis of the wiring and the design of the production wells was conducted, the results of gas dynamic studies of the wells were generalized. The analysis of the implemented secondary autopsy scheme was performed; models of drilled wells have been tuned. The refinement of productive characteristics and creation of models of design wells was carried out.

Keywords: wiring analysis and construction of production wells; results of gas dynamic studies of wells; analysis of the realized scheme of secondary opening; tuning models of drilled wells; refinement of productive characteristics; creation of models of design wells.

Анализ проводки и конструкция эксплуатационных скважин

Эксплуатационное разбуривание залежи пласта ПК1 Южно-Русского нефтегазового месторождения проводится в соответствии с ГРП № 295/04-86-Э кустами из 3–4 наклонно-направленных скважин, угол входа в пласт ПК₁ – 34,7 градусов. По состоянию на 01.01.2017 г. пробурено 61 эксплуатационных, наблюдательных и поглощающих скважин, включая 8 скважин кустов №№ 11 и 13 пробуренных ранее. Из них 58 скважин закончены строительством. Конструкция скважин следующая:

- направление диаметром 324 мм до глубины 150 м;
- кондуктор диаметром 245 мм до глубины 600 м;
- эксплуатационная колонна диаметром 168 мм до абсолютной отметки – 890 м, цементирование до устья, перфорация.

Основное скважинное оборудование:

- НКТ диаметром 114 мм;
- колонная головка ОКК1-21-168×245 К1 ХЛ;
- фонтанная арматура АФК6-100/100×21 К1 ХЛ.

В процессе оперативного анализа результатов бурения и получения новых данных по геологическому строению и промысловых характеристик скважин были приняты и согласованы ООО «ТюменНИИгипрогаз» ряд мероприятий, направленных на повышение эффективности эксплуатационного бурения:

1. В связи с возникновением межколонных проявлений на первых эксплуатационных скважинах было принято решение об изменении глубины башмака кондуктора до 650 м по вертикали с целью перекрытия проницаемых пород-коллекторов танамской свиты. Изменения внесены в групповой рабочий проект в виде корректив.

2. В качестве проектного отклонения скважины от вертикали принята точка входа в пласт ПК1 (вместо пласта Т₁), так как основным эксплуатационным объектом является пласт ПК1. Величина проектного смещения изменена на 300 м.

3. С целью увеличения интервала вскрываемых эффективных газонасыщенных толщин изменён угол входа в пласт ПК1 с 34,7 до 45,7 градусов.

4. С целью снижения коэффициента несовершенства вторичного вскрытия применяются перфораторы ПСК-52 с повышенной пробивной способностью (550 мм) и повышенной плотностью отверстий (14 отв./м).

5. С целью увеличения интервала вскрываемых эффективных газонасыщенных толщин изменён угол входа в пласт ПК₁ с 45,7 до 52,0 градусов при разбуривании кустов №№ 17 и 19. Проектное смещение на кровлю пласта ПК₁ – 350 м.

Для исключения газопроявлений бурение пластов турона и дальнейшее вскрытие сеномана проводится на утяжелённых буровых растворах. Необходимо отметить, что применяемая технология первичного вскрытия пласта ПК₁ и вышележащих пластов Т₁ и Т₂ проводится с превышением допустимых значений репрессий на продуктивный горизонт ПК₁, что ведёт помимо высокой вероятности аварийных ситуаций при бурении к ухудшению коллекторских свойств и продуктивных характеристик пласта и, как следствие, к возможному ухудшению технологических и технико-экономических показателей разработки. Следствием применяемой технологии вскрытия является возможная фильтрация раствора в продуктивный пласт, что впоследствии затрудняет освоение скважин и снижает их продуктивность.

Результаты газодинамических исследований скважин

Одной из основных задач на этапе ввода месторождения в разработку является изучение добычных возможностей пробуренных эксплуатационных скважин. Основным методом анализа являются газодинамические исследования на установившихся и неустановившихся режимах фильтрации. В комплексе с другими исследованиями скважин анализ полученных данных позволяет:

- установить оптимальный технологический режим работы скважин;
- уточнить фильтрационные свойства пород-коллекторов;
- оценить степень несовершенства скважин по характеру вскрытия, качество освоения скважин и текущее состояние призабойной зоны;
- оценить фактические потери давления в НКТ и адаптировать расчётные гидравлические методы;
- спрогнозировать динамику изменения возможного изменения продуктивности и обосновать продуктивность проектных скважин;
- в некоторых случаях установить характер отработки залежи по разрезу в эксплуатационном поле.

Этап эксплуатационного разбуривания является ключевым периодом, апробацией принятых проектных решений и, возможно, инновационных технологий. Цель очевидна – выявить преимущества и недостатки пробуренных скважин, изучить добычные возможности и особенности эксплуатации, выбрать рекомендуемую конструкцию для последующего разбуривания месторождения. Таким образом, подробный анализ продуктивности эксплуатационных скважин имеет максимальную информативность для обоснования добычных возможностей проектных скважин.

По состоянию на 01.01.2017 г. получены акты освоения, ГДИ и исследований на стационарных режимах по 49-ти эксплуатационным скважинам Южно-Русского нефтегазового месторождения. В скважине № 84 проведён комплекс ГИС с целью определения профиля притока.

Все имеющиеся газодинамические исследования переобработаны по двум методикам:

1) по стандартному уравнению притока газа:

$$P_{пл}^2 - P_{заб}^2 = a \cdot Q + b \cdot Q^2;$$

2) по уравнению притока с использованием функции псевдодавления:

$$(P_{пл} - P_{заб}) \cdot \lambda(p_{ср}) = a \cdot Q + b \cdot Q^2,$$

где $\lambda(p_{ср}) = \frac{1}{B_2(p_{ср}) \cdot \mu_2(p_{ср})}$ – функция псевдодавления; $p_{ср} = \frac{(p_{пл} + p_{заб})}{2}$; μ_2 – вязкость газа; $B_2 = \frac{Z \cdot T_{пл} \cdot P_{см}}{P \cdot T_{см}}$ – объёмный коэффициент газа.

По результатам анализа результатов ГДИ разведочных и первых эксплуатационных скважин (кусты №№ 11 и 13) проектные фильтрационные коэффициенты по эксплуатационным скважинам были приняты следующие:

$$a = 0,363 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^2 \cdot \text{сут./тыс. м}^3; b = 0,000205 \cdot 10^{-2} \text{ (МПа} \cdot \text{сут./тыс. м}^3)^2.$$

Фактические коэффициенты составляют:

Среднеарифметические:

$$a = 0,289 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^2 \cdot \text{сут./тыс. м}^3 \text{ (в 1,25 раза ниже проектного значения);}$$

$$b = 0,000324 \cdot 10^{-2} \text{ (МПа} \cdot \text{сут./тыс. м}^3)^2 \text{ (в 1,6 раза выше проектного значения).}$$

Средневзвешенные по дебиту:

$$a = 0,234 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^2 \cdot \text{сут./тыс. м}^3 \text{ (в 1,5 раза ниже проектного значения);}$$

$$b = 0,000246 \cdot 10^{-2} \text{ (МПа} \cdot \text{сут./тыс. м}^3)^2 \text{ (в 1,2 раза выше проектного значения).}$$

Опыт проектирования и анализа разработки газовых месторождений показывает, что количественная характеристика продуктивности скважин содержится не в самих значениях фильтрационных коэффициентов a и b , а в значениях дебитов газа, полученных при их подстановке в уравнение притока при определённом пластовом и забойном давлениях. Раздельный анализ значений и динамики фильтрационных коэффициентов в общем случае не информативен, поскольку даже небольшие изменения характера кривой, соединяющей точки индикаторной диаграммы, иногда приводят к существенному изменению коэффициентов a и b .

Значение дебита газа при подстановке среднеарифметических фильтрационных коэффициентов в уравнение притока дебит газа составляет 812 тыс. м³/сут (при депрессии 0,25 МПа). При подстановке средневзвешенных (по дебиту газа) фильтрационных коэффициентов в уравнение притока дебит составляет 957 тыс. м³/сут. Значение дебита газа при подстановке проектных фильтрационных коэффициентов в уравнение притока газа составляет 839 тыс. м³/сут. Таким образом, можно сделать вывод, что проектная продуктивность скважин достигнута.

Наблюдается разброс в продуктивности отдельных скважин и кустов (рис. 1), что связано с геологическим строением и литолого-фильтрационными характеристиками разреза. Зависимости значений коэффициентов a и b от фильтрационных параметров вскрываемых пропластков (kh , значения получены из 3D-модели) имеют более низкую степень корреляционной связи, чем зависимость дебита газа от kh , что подтверждает предположение о необходимости комплексного подхода к анализу продуктивности скважин.

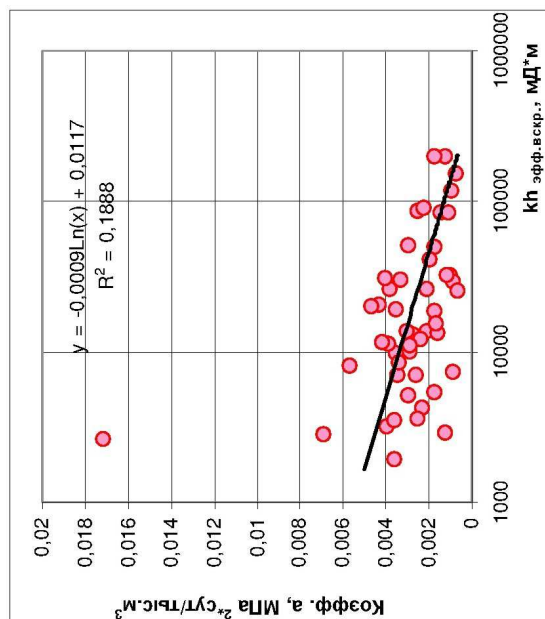
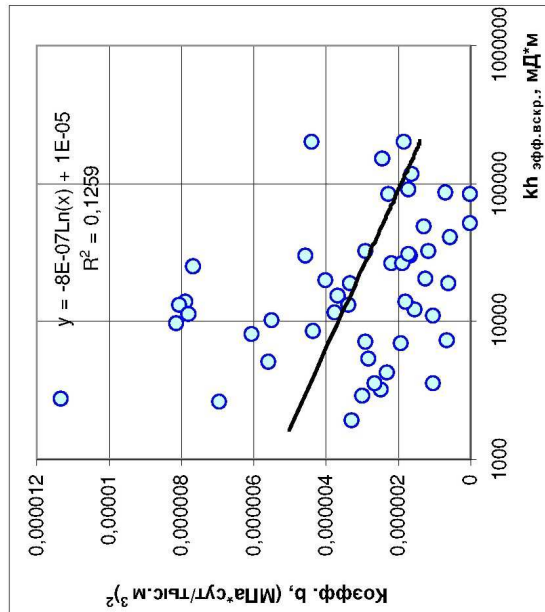
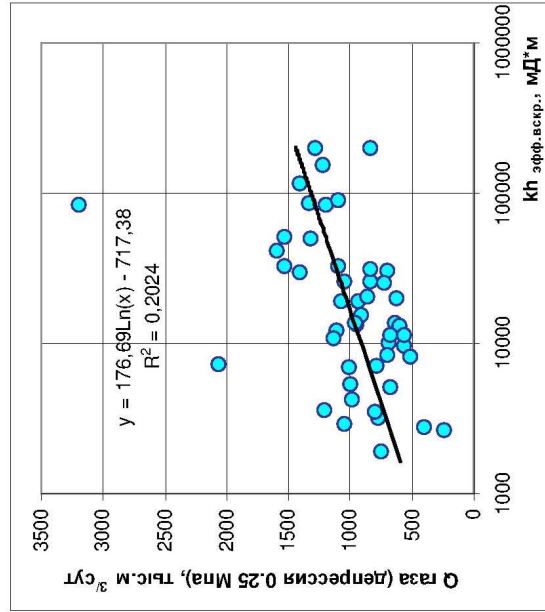
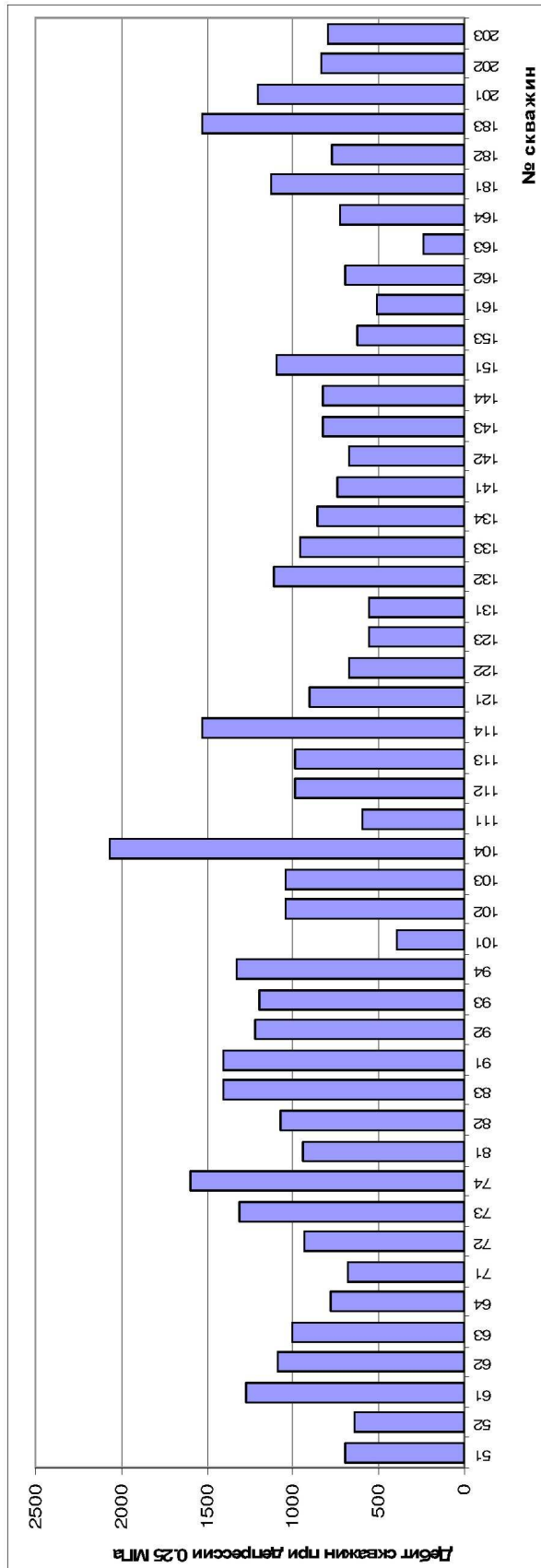


Рисунок 1 – Продуктивность эксплуатационных скважин. Сопоставление с флюидными параметрами интервалов вскрытия

На рисунке 2 показана зависимость производительности кустов от фильтрационных характеристик вскрываемой части разреза.

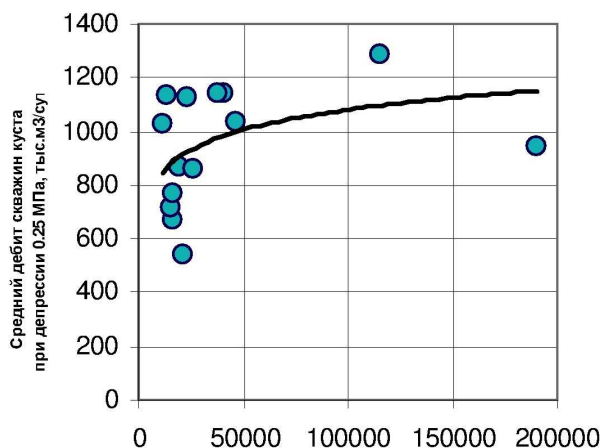


Рисунок 2 – Зависимость производительности кустов от проводимости разреза

Не менее важным параметром, определяющим добычные возможности кустов, является характеристика системы сбора газа. Совместная работа кустов в единую сеть накладывает дополнительные ограничения на режимы скважин. На рисунках 3 и 4 показано прогнозируемое перераспределение добычных возможностей кустов пускового комплекса за счёт ограничений системы сбора. Результаты получены на комплексной газодинамической модели в процессе расчёта технологических режимов работы скважин на 2016–2017 гг.

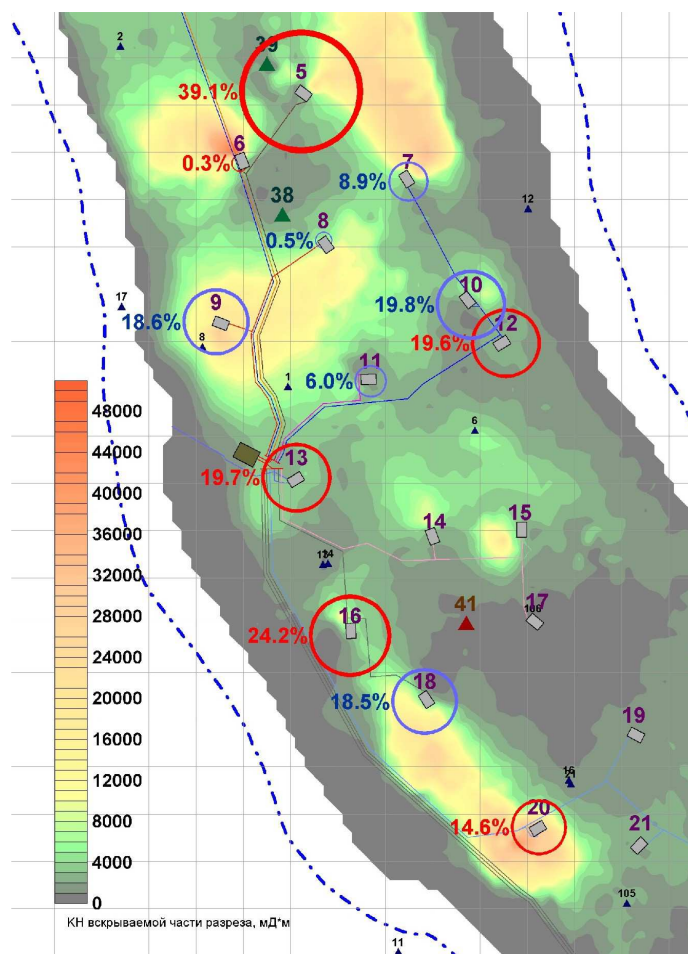


Рисунок 3 – Перегрузка (красным) и недогрузка (синим) кустов за счёт работы в систему сбора относительно добычных возможностей скважин при одинаковой депрессии

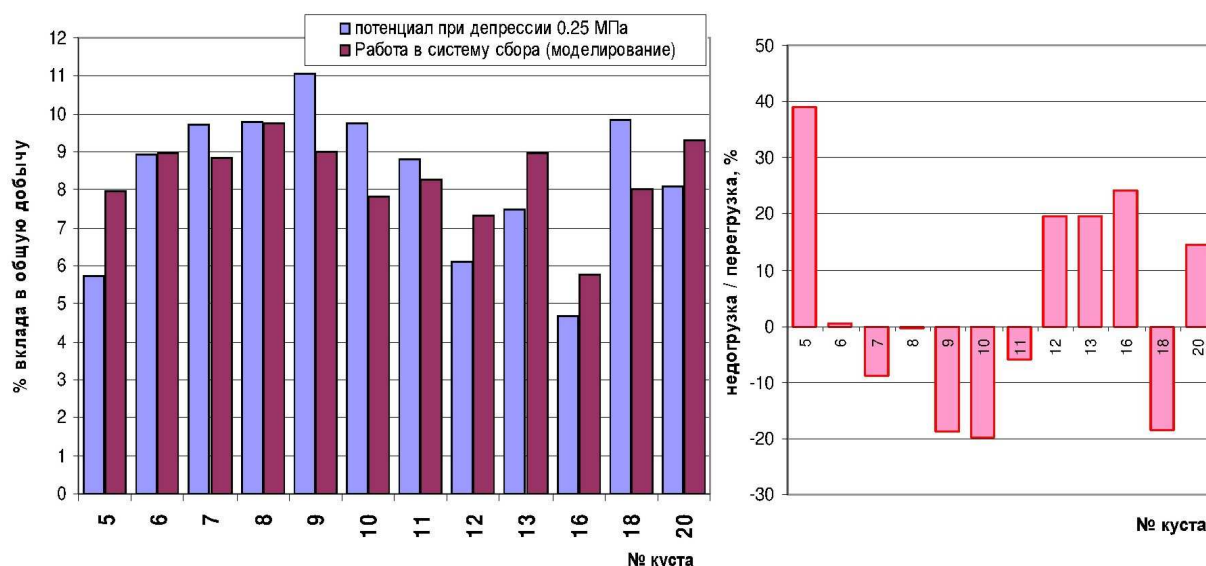


Рисунок 4 – Потенциальная продуктивность кустов пускового комплекса

Анализ реализуемой схемы вторичного вскрытия

Под первичным вскрытием пласта понимается вскрытие продуктивного разреза стволом скважины, вторичное вскрытие подразумевает выборочную перфорацию отдельных интервалов в обсаженном стволе. Характер притока и отработка разреза зависят также от положения башмака НКТ относительно интервала перфорации, поэтому размещение НКТ также необходимо относить к вторичному вскрытию.

В соответствии с принятыми проектными решениями на Южно-Русском месторождении (как и на других газовых месторождениях Тюменской области с большим этажом газоносности) реализуется система дифференцированного вскрытия продуктивного разреза. Как показывает опыт эксплуатации крупных газовых месторождений, рациональная схема вскрытия скважин должна удовлетворять следующим условиям:

1. Обеспечивать проектную продуктивность скважин. Проектные значения коэффициентов фильтрационного сопротивления рассчитаны при условии вскрытия 46 % от эффективной газонасыщенной толщины (в среднем около 30 м).

2. Распределение интервалов перфорации вдоль стволов скважин и положение башмака насосно-компрессорных труб должны обеспечивать отработку запасов залежи по разрезу.

3. Обеспечение минимума потерь пластового давления за счёт взаимодействия скважин. Избыточное количество скважин, вскрывающих отдельные участки продуктивного разреза в непосредственной близости друг от друга, приводит к повышенному падению пластового давления в зоне расположения интервалов перфораций этих скважин.

4. Эффективная работа скважин в один шлейф. Практика показала, что при работе нескольких эксплуатационных скважин в один шлейф отдельные эксплуатационные скважины работают с дебитами, существенно отличающимися от оптимальных. Результаты исследований скважин на стационарных режимах фильтрации показывают, что при одной и той же депрессии на пласт дебиты скважин некоторых кустов отличаются в несколько раз. Таким образом, скважины в кусте должны иметь приблизительно одинаковую продуктивность, которая определяется фильтрационными характеристиками перфорируемых пластов.

Таким образом, оптимальная схема вскрытия должна удовлетворять сразу нескольким условиям, некоторые из которых весьма трудно формализовать не только на количественном, но даже на качественном уровне, поскольку должны учитывать целый ряд факторов и параметров. Реальные условия строительства и освоения эксплуатационных скважин требуют принятия оперативных решений, максимально придерживаясь выше перечисленных ограничений. Анализ реализуемой схемы вторичного вскрытия скважин, проведённый нами, включал следующие этапы:

- 1) анализ существующих алгоритмов проведения вторичного вскрытия, выявление определённых правил проведения вторичного вскрытия;

2) анализ эффективности существующих правил и их влияние на продуктивность скважин и разработку в целом;

3) формализация и настройка алгоритмов проведения вторичного вскрытия на моделируемых (проектных) скважинах в соответствии с принятыми правилами.

Анализ показал, что суммарная величина интервалов перфорации в скважине, как правило, не зависит от общей толщины вскрываемого скважиной разреза, а общая проводимость перфорации ($kh_{эфф.перф.}$) не зависит от общей величины проводимости вскрытого скважиной разреза $kh_{эфф.вскр.}$ (рис. 5а). Как видно из рисунков 5в, 5г, суммарные величины проводимости перфорации ($kh_{эфф.перф.}$), как правило, имеют постоянную величину по всем скважинам, обеспечивая проектную продуктивность. В случае наличия в разрезе высокопроницаемых прослоев относительное вскрытие уменьшено до 0,1–0,3 (рис. 5б).

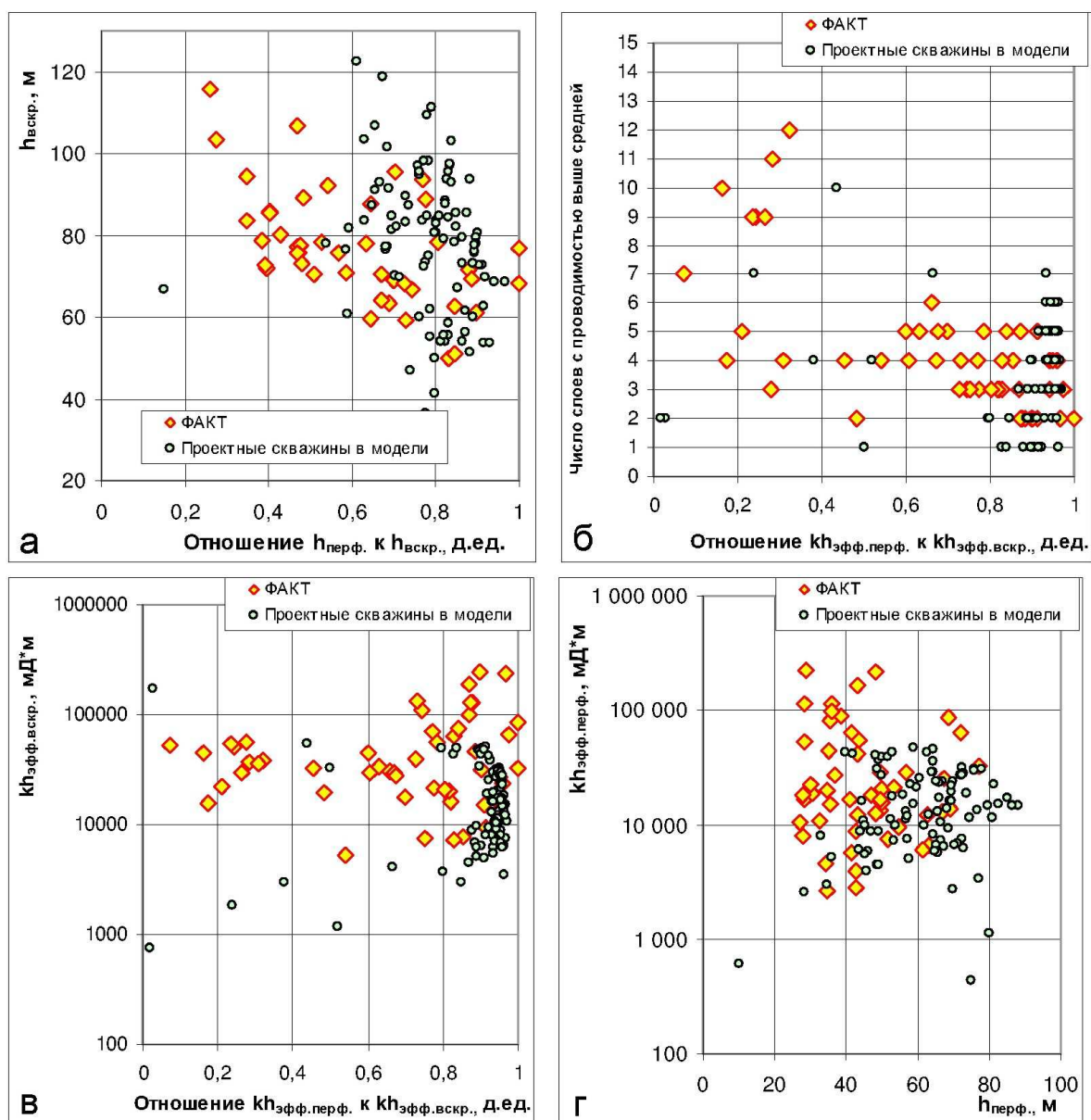


Рисунок 5 – Относительное вскрытие разреза

Таким образом, при вторичном вскрытии реализуется рациональный подход к использованию потенциальных возможностей скважин. Кроме того, выбор интервалов перфорации проводится с учётом оптимизации отработки отдельных пачек (всего выделяется 3–4 характерных пачки), как по площади, так и по разрезу, что обеспечит равномерную отработку залежи. В ряде скважин не вскрывается верхняя пачка, в 30 %

скважин башмак НКТ находится сразу под кровлей залежи, хотя интервал перфорации находится гораздо глубже. Предусматривается возможность дополнительной перфорации на последующих этапах разработки.

В скважинах, где насосно-компрессорные трубы частично перекрывают интервалы перфорации, перекрытие в среднем составляет 70–80 % (рис. 6). Чёткой связи между положением башмака НКТ и положением лучшего слоя в интервале перфорации не прослеживается. Следует отметить, что в большинстве случаев (около 70 %) лучший интервал (по ГИС) расположен выше башмака НКТ, что положительно сказывается на отработке всего разреза в скважине. Реализуемая схема обеспечит хорошую очистку ПЗП от жидкости и мехпримесей, однако приводит к частичной потере продуктивности скважин. На рисунке 7 показаны влияние степени перекрытия интервала перфорации колонной НКТ на фильтрационные коэффициенты и общую продуктивность скважин.

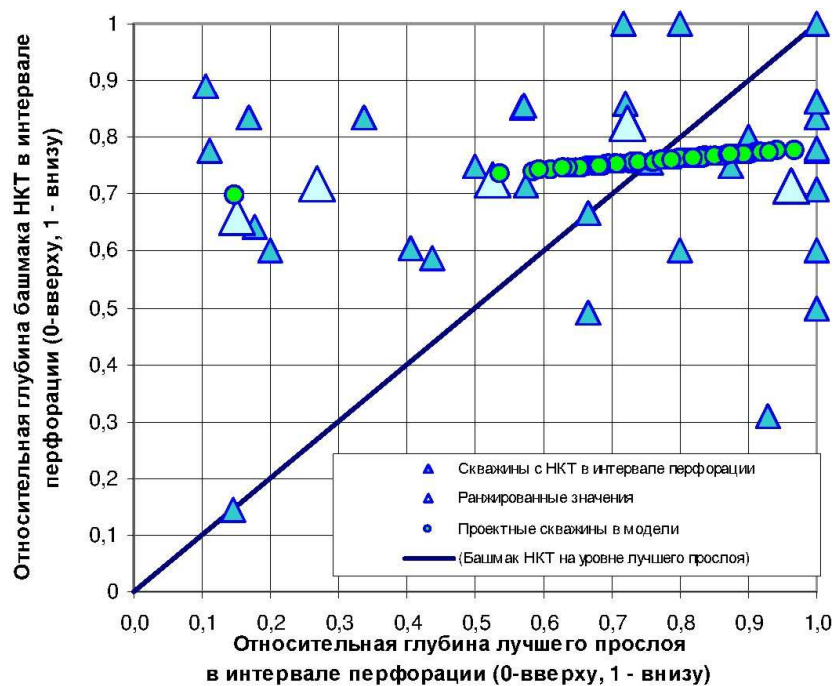


Рисунок 6 – Положение НКТ в интервале перфорации

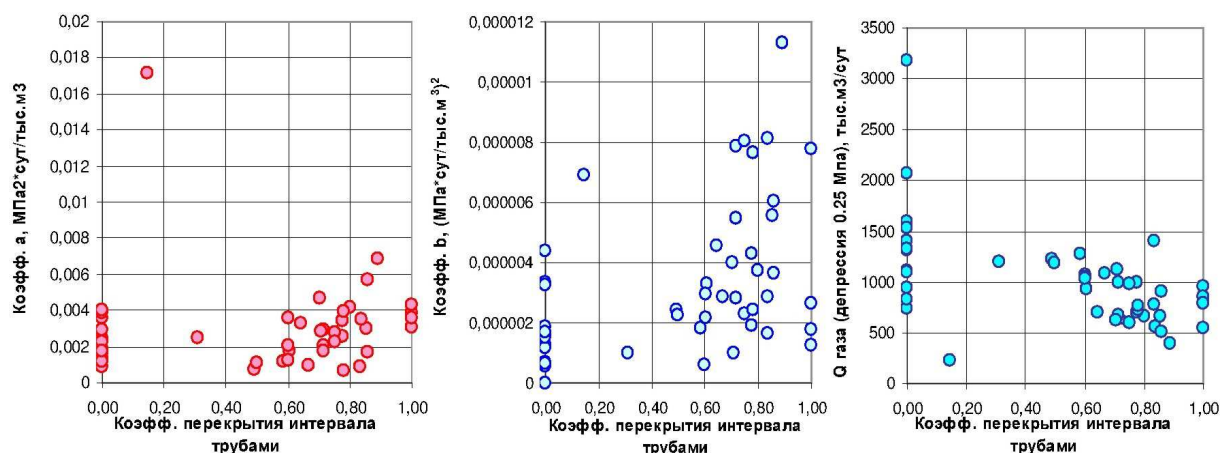


Рисунок 7 – Влияние перекрытия интервала перфорации колонной НКТ на продуктивность скважин

Таким образом, по результатам предварительного анализа реализуемой схемы вторичного вскрытия можно сделать вывод, что освоение скважин соответствует проектным решениям, обеспечивает рациональное использование пластового потенциала и имеет практическую эффективность.

Настройка моделей пробуренных скважин

Процесс создания и настройки моделей пробуренных скважин проведён в три этапа:

- 1) создание детальных моделей скважин;
- 2) настройка продуктивности скважин (скин-эффект, коэффициент турбулентности D) в ходе воспроизведения на модели процессов ГДИ;
- 3) настройка потерь давления от забоя до устья в зависимости от дебита газа.

Детальное моделирование всех ГДИ эксплуатационных скважин на трёхмерной газодинамической модели проведено с учётом следующих факторов:

- условия проведения ГДИ:
 - освоение 12 часов;
 - $Q_e = 600$ тыс. м³/сут.;
 - остановка на статику 12 часов с оценкой $P_{пл}$;
 - работа на семи режимах [$Q_e = 200–700$ тыс. м³/сут.] по 1 часу;
 - время остановок между режимами 15 минут;
 - остановка на статику 12 часов с оценкой $P_{пл}$;
- конструкция скважины;
- неравномерность отработки пласта по разрезу;
- положение точки, в которой фиксируется давление (пластовое, забойное);
- положение интервалов вскрытия пласта относительно точки замера давления (расстояние и характер трубного пространства);
- направление движения газа относительно точки замера;
- положение башмака НКТ относительно точки замера.

Нами рассмотрены результаты воспроизведения ГДИ на модели. «Модельные тесты» скважин проводились в две итерации. На первой итерации оценивалась продуктивность модельной скважины при $S = 0$ и $D = 0$. Необходимо отметить, что моделируемые индикаторные диаграммы сразу характеризовались нелинейным видом (присутствовал коэффициент b) без искусственного введения параметров нарушения линейного закона фильтрации (D). Данный эффект объясняется увеличением гидравлических потерь при движении газа вдоль интервала вскрытия, причём вклад первоначально полученного коэффициента b в его конечное значение в среднем составляет 40 %. На второй итерации для совпадения фактического и моделируемого коэффициента a вводился скин-эффект (S), для окончательной настройки коэффициента b вводился эффект турбулентности (D). В общем случае полученные значения S зависят от исходной проницаемости вскрываемого интервала, а значения D от коэффициента b (рис. 8 а, б).

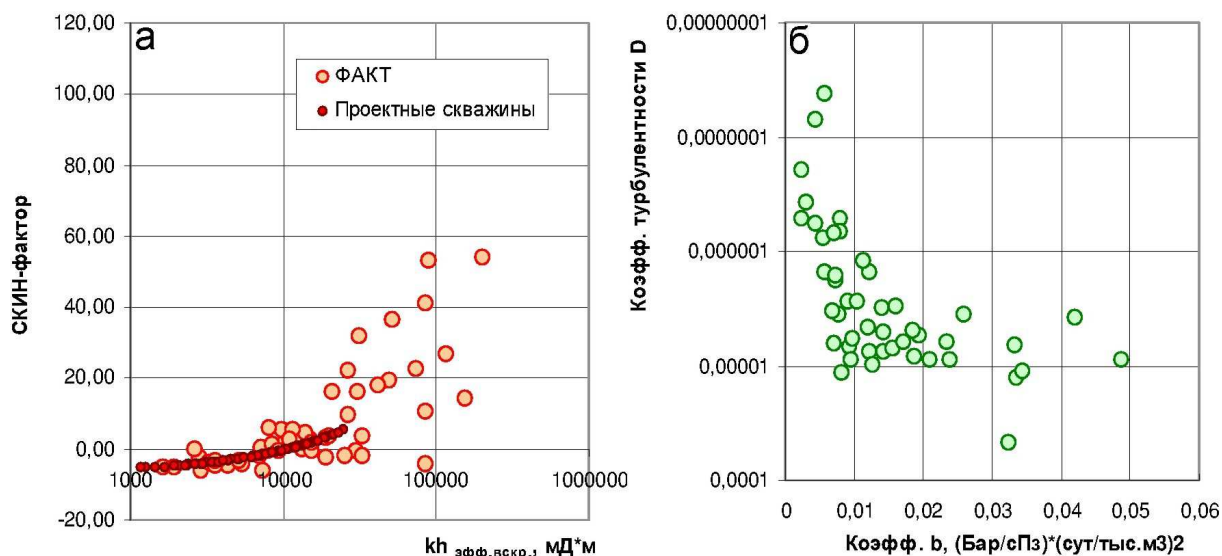
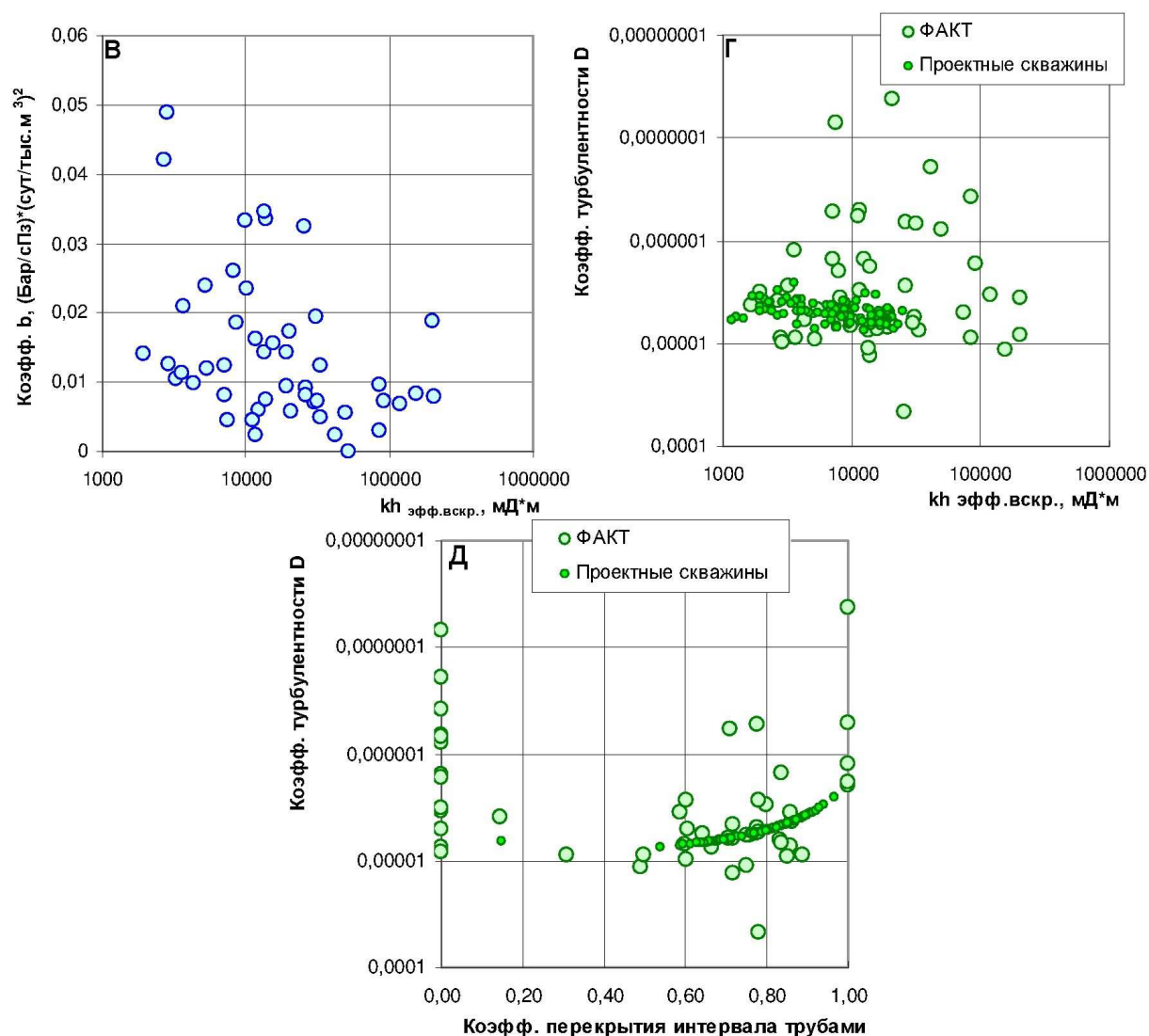


Рисунок 8 – Взаимосвязь параметров моделируемых скважин



Окончание рисунка 8 – Взаимосвязь параметров моделируемых скважин

Для расчётов потерь давления в трубах в программном комплексе ECLIPSE используются многомерные зависимости устьевого давления от забойного давления, дебита газа и водогазового фактора (VFP-таблицы, [Vertical Flow Pressure tables]), которые могут быть созданы индивидуально для каждой колонны НКТ (для каждой скважины), обладающей индивидуальными геометрическими (инклинометрия) и гидравлическими параметрами. Для создания VFP-таблиц использовался сервисный программный продукт VFPi. Высокая чувствительность процесса балансировки режима работы моделируемой скважины требует использования максимально точного расчёта потерь давления. Расчётные устьевые давления с требуемой точностью должны соответствовать фактическим, определённым по результатам исследования скважин (и их замерам в процессе разработки). Возможности сервисной программы VFPi включают алгоритмы полуавтоматической настройки таблиц. Как правило, после обработки результатов исследования скважин на стационарных режимах известны величины забойных и устьевых давлений для различных дебитов газа. Изменяя ряд параметров, расчётные потери давления настраиваются по фактическим замерам. При настройке потерь давления в скважинах подбирались корректирующие множители для гидравлического сопротивления труб на трение.

Уточнение продуктивных характеристик и создание моделей проектных скважин

Результаты газодинамических исследований эксплуатационных скважин позволили сопоставить степень несовершенства эксплуатационных скважин с фильтрацион-

ными параметрами вскрываемой части и уточнить прогнозируемую продуктивность ещё не пробуренных (проектных) скважин. Выявлены взаимосвязи основных параметров, необходимых для описания характера притока газа к забоям.

По состоянию на 01.01.2017 г. остаются не пробуренными более половины эксплуатационных скважин (разбуривание полностью завершится только в 2019 году), а для корректного проведения прогнозных расчётов показателей разработки в модели необходимо учесть весь добывающий фонд. Для моделируемых проектных скважин необходимо задать схему вторичного вскрытия и положения башмака НКТ. По результатам анализа реализуемой схемы вторичного вскрытия определены правила и настроены алгоритмы выбора проектных схем в зависимости от прогнозируемого распределения фильтрационных параметров 3D-модели в интервале траекторий проектных скважин. На первом шаге автоматизированной процедуры проводится выбор схемы перфорации с учётом набора требуемой общей проводимости слоёв в интервале перфорации. В зависимости от выбранных интервалов на втором шаге определяется точка БНКТ с учётом положения наилучшего перфорированного слоя.

После определения моделируемых интервалов перфорации и получения значения $kh_{эфф.перф}$ по зависимости на рисунке 8а определяется прогнозируемое значение скин-фактора.

Как показано ранее, значение параметра турбулентности D зависит от фильтрационного коэффициента b (рис. 8б). Проблемой в определении значений D является то, что значения самого коэффициента b не имеют чётких взаимосвязей ни с одним из параметров. Так, например, зависимость коэффициента b от $kh_{эфф.перф.}$ прослеживается довольно слабо (рис. 8в), как и зависимость D от $kh_{эфф.перф.}$ (рис. 8г). С другой стороны, предположение о том, что коэффициент b может иметь связь с гидравлическими потерями при движении газа вдоль интервала вскрытия, особенно если интервал перфорации перекрыт колонной НКТ, может быть положено в основу расчёта коэффициента D (рис. 8д).

Оценка рисков разработки, связанных с неопределённостью фильтрационных параметров пород-коллекторов

Уточнение параметров гидродинамической модели и новые принципы её функционирования показали, что введение в модель расширенных опций, оперирующих дополнительным объёмом геологической и технической информации, всё более приближает модель к реальности. Опыт моделирования последних лет показывает, что совершенствование комплексных моделей систематически приводит к ухудшению прогнозируемой картины разработки. Это произошло и в случае Южно-Русского месторождения. В результате усовершенствования модели сеноманской газовой залежи выявлены отличия новых прогнозных показателей от ранее принятых (проектных) показателей. Так, почти на 5 % уменьшился коэффициент газоотдачи и на три года сократился период постоянных отборов. Однако результаты предварительных расчётов демонстрировали ещё более «ухудшенные» показатели разработки относительно проектных. Это объясняется видом принятой петрофизической зависимости проницаемости коллекторов от пористости, построенной по результатам исследований керна (в т.ч. из скважины № 35).

Исходя из зависимости (рисунок 9, «пессимистичный» вариант), среднее значение абсолютной проницаемости коллекторов сеноманской залежи в модели было получено на уровне 85 мД (средняя пористость соответствует утверждённой величине 0,31). Зависимость прослеживается достаточно чётко, однако её вид совершенно не свойственен сеноманским коллекторам. Возможно, требуется детальный анализ технологии проведённых лабораторных исследований или проведение дополнительных исследований (в том числе высокопроницаемых образцов) для исключения сомнений в достоверности исходных данных.

Рисунок 9 демонстрирует возможные риски, связанные с неопределённостью фильтрационных параметров пласта. Удовлетворительное совпадение с проектными показателями было достигнуто при увеличении моделируемой проницаемости в несколько раз (среднее значение 590 мД). Вид петрофизической зависимости при этом соответствует керну сеноманской залежи Ямбургского ГКМ («оптимистичный» вариант).

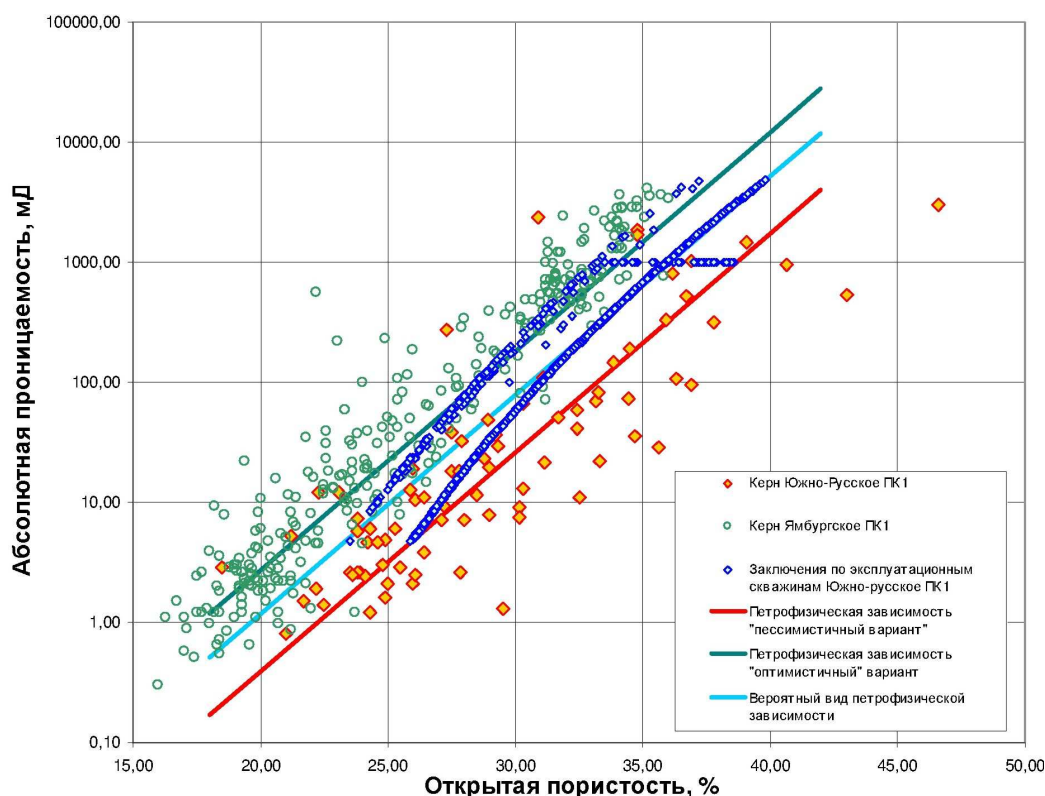


Рисунок 9 – Варианты петрофизических зависимостей «пористость – проницаемость»

Исходные фильтрационные параметры модели определяют не только характер дренирования залежи и отработку запасов газа, но и являются важной составляющей при моделировании продуктивности эксплуатационных скважин.

В частности, в условиях неопределённой проницаемости невозможно достоверно оценить степень несовершенства скважин по характеру вскрытия (скин-эффект). В связи с этим возникают трудности в оценке применяемой технологии строительства скважин (рис. 10).

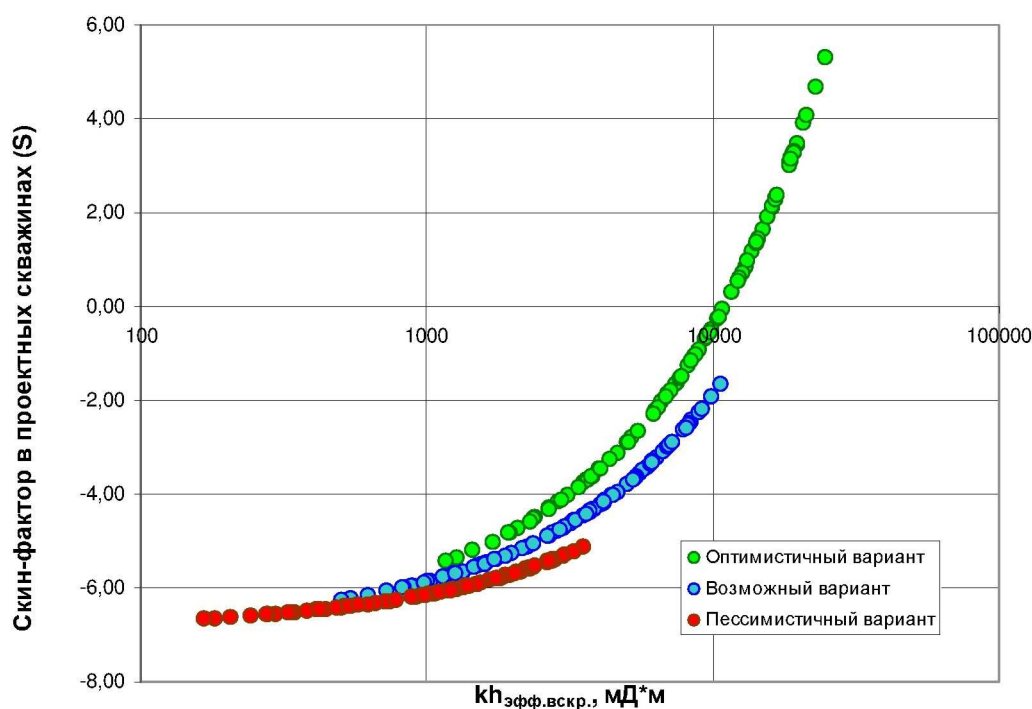


Рисунок 10 – Диапазон изменения скин-фактора в зависимости от фильтрационных параметров модели

Таким образом, фильтрационные параметры коллекторов сеноманской залежи Южно-Русского нефтегазового месторождения оказывают существенное влияние на показатели разработки, а неопределённость фильтрационных параметров подразумевает определённые риски последующей разработки.

В последующих исследованиях требуется уделить особое внимание проблеме определения фильтрационных параметров пласта. Для этого необходимо:

1. Проведение дополнительных лабораторных исследований керна и их детальный анализ.
2. Необходимо расширение гидродинамических методов исследований скважин: в ближайшее время требуется провести детальное моделирование режимов работы скважин на неустановившихся режимах фильтрации с настройкой фильтрационных параметров модели по КВД, регистрируемых в процессе ГДИ скважин.
3. Выводы о фильтрационной характеристике залежи можно будет сделать по результатам промышленной эксплуатации (по темпу падения пластового давления), в том числе на начальном периоде разработки.
4. Для надёжной оценки фильтрационных параметров удалённых районов залежи необходима своевременная реализация системы контроля, бурение и оборудование наблюдательных скважин.

Литература:

1. Проект доразведки Южно-Русского месторождения. – Тюмень : ОАО «СибНАЦ», 2002.
2. Проект разработки (ПК₁) и сенонских (Т₁, Т₂) залежей Южно-Русского нефтегазового месторождения. – Тюмень : ООО «ТюменьНИИгазпрогаз», 2004.
3. Уточнение геологической модели и подсчёт запасов свободного газа пласта ПК₁ Южно-Русского месторождения. – Тюмень : ОАО «СибНАЦ», 2006.
4. Уточнение геологической модели и подсчёт запасов свободного газа пластов Т₁ и Т₂ Южно-Русского месторождения. – Тюмень : ОАО «СибНАЦ», 2006.
5. Проект обустройства Южно-Русского НГМ. Проект. Корректировка. – Донецк : ОАО «ЮжНИИгазпрогаз», 2005.
6. Разработка проекта нормативов технологических потерь природного газа при добыче, сборе, подготовке и межпромысловом транспорте по Южно-Русскому нефтегазовому месторождению : отчёт о НИР. – Донецк : ОАО «ЮжНИИгазпрогаз», 2006.
7. Регламент по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений : РД 153-39.0-047-00. – М. : Минтопэнерго, 2000. – 150 с.
8. Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений. – М. : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003. – Ч 1: Геологические модели. – 164 с.
9. ECLIPSE Technical Description. – Schlumberger, 2004.
10. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Шостак Н.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 203 с.
11. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С. Разработка математической модели изменения давления в процессе исследования горизонтальных скважин // Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». – М. : Издательство ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2015. – № 3. – С. 44–48.
12. Петрушин Е.О., Савенок О.В., Арутюнян А.С. Разработка методики определения параметров пласта по данным исследования горизонтальных скважин и оценка применимости полученных данных // Научно-технический журнал «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море». – М. : ВНИИОЭНГ, 2016. – № 1. – С. 43–47.
13. Петрушин Е.О., Савенок О.В., Арутюнян А.С. Анализ существующих методов определения параметров пласта по данным гидродинамических исследований горизонтальных скважин // Научно-технический журнал «Нефтепромысловое дело». – М. : ВНИИОЭНГ, 2016. – № 4. – С. 23–28.
14. Петрушин Е.О., Савенок О.В., Арутюнян А.С. Анализ применения методики определения параметров пласта по данным исследования горизонтальных скважин, её особенности и новые возможности // Научно-технический журнал «Наука и техника в газовой промышленности». – М. : Издательство ОАО «Газпром промгаз», 2016. – № 2/2016. – С. 47–58.
15. Скуба Д.А., Савенок О.В., Соловьёва В.Н. Оценка реальной каверново-трещинной ёмкости известняков залежей нефти верхнемеловых отложений Чеченской Республики // Научно-технический журнал «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений». – М. : ВНИИОЭНГ, 2016. – № 12. – С. 11–17.

16. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В., Джозефс Эджемен Рэйчел. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 1. – С. 33–50.

17. Петрушин Е.О., Савенок О.В., Арутюнян А.С. Оценка достоверности методики определения параметров пласта по данным исследования горизонтальных скважин // Научно-технический журнал «Наука и техника в газовой промышленности». – М. : Издательство ОАО «Газпром промгаз», 2017. – № 1 (69). – С. 62–71.

18. Сопнев Т.В., Бекетов С.Б. Уточнение газогидродинамической модели сеноманской газовой залежи Южно-Русского месторождения : Булатовские чтения / материалы II Международной научно-практической конференции (31 марта 2018 года) в 7 томах: сборник статей под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – Т: Разработка нефтяных и газовых месторождений.

19. Сопнев Т.В., Бекетов С.Б. Построение цифровой геологической модели и оценка запасов углеводородов Южно-Русского месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2018. – № 01. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/01/17.pdf>

References:

1. Project of additional exploration of the Southern Russian field. – Tyumen : JSC SibNATs, 2002.
2. Project of development (PK₁) and senonsky (T₁, T₂) deposits of the Southern Russian oil and gas field. – Tyumen : LLC TyumenNIIgiprogaz, 2004.
3. Specification of geological model and calculation of reserves of free gas of PK₁ layer of the Southern Russian field. – Tyumen : JSC SibNATs, 2006.
4. Specification of geological model and calculation of reserves of free gas of T₁ and T₂ layers of the Southern Russian field. – Tyumen : JSC SibNATs, 2006.
5. Project of arrangement of the Southern Russian NGM. Project. Adjustment. – Donetsk : JSC Yuzhniigiprogaz, 2005.
6. Development of the draft of standards of technological losses of natural gas at production, collecting, preparation and infield transport on Southern Russian oil and gas field : report on research. – Donetsk: JSC Yuzhniigiprogaz, 2006.
7. Regulations on creation of permanent geological and technological models of oil and gas-oil fields : RD 153-39.0-047-00. – М. : Ministry of Fuel and Energy, 2000. – 150 p.
8. Methodical instructions on creation of permanent geological and technological models of oil and gas-oil fields. – М. : JSC VNIOENG, 2003. – P 1: Geological models. – 164 p.
9. ECLIPSE Technical Description. – Schlumberger, 2004.
10. Antoniadi D.G., Savenok O.V., Shostak N.A. Theoretical bases of development of oil and gas fields : manual. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 203 p.
11. Petrushin E.O., Arutyunyan Ampere-second. Development of mathematical model of change of pressure in the course of the research of horizontal wells // the Scientific and technical magazine «Inzhener-neftyanik». – М. : LLC Ai Dee Es Drilling publishing house, 2015. – No. 3. – P. 44–48.
12. Petrushin E.O., Savenok O.V., Arutyunyan A.S. Development of a technique of determination of parameters of layer according to a research of horizontal wells and assessment of applicability of the obtained data // the Scientific and technical magazine «Stroitelstvo Neftyanikh I Gazovykh Skvazhin Na Sushe I Na More». – М. : VNIOENG, 2016. – No. 1. – P. 43–47.
13. Petrushin E.O., Savenok O.V., Arutyunyan A.S. The analysis of the existing methods of determination of parameters of layer according to hydrodynamic researches of horizontal wells // the Scientific and technical magazine «Neftepromyslovoye Delo». – М. : VNIOENG, 2016. – No. 4. – P. 23–28.
14. Petrushin E.O., Savenok O.V., Arutyunyan A.S. The analysis of application of a technique of determination of parameters of layer according to a research of horizontal wells, her features and new opportunities // the Scientific and technical magazine «Nauka I Tekhnika V Gazovoy Promyshlennosti». – М. : JSC Gazprom promgaz publishing house, 2016. – No. 2/2016. – P. 47–58.
15. Skuba D.A., Savenok O.V., Solovyova V.N. Otsenka of the actual kavernovo-fracture capacity of limestones of deposits of oil of verkhnemelovy deposits of the Chechen Republic // Nauchno-tehnicheskyy zhurnal «Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields». – М. : VNIOENG, 2016. – No. 12. – P. 11–17.
16. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V., Dzhosefs Edzhemen Rachael. Technologies and principles of development of multibedded fields // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 1. – P. 33–50.
17. Petrushin E.O., Savenok O.V., Arutyunyan A.S. Otsenka of reliability of a technique of determination of parameters of layer according to a research of horizontal wells // the Scientific and technical magazine «Nauka I Tekhnika V Gazovoy Promyshlennosti». – М. : JSC Gazprom promgaz publishing house, 2017. – No. 1 (69). – P. 62–71.

18. Sopnev T.V., Beketov S.B. Specification of gas-hydrodynamic model of a Cenomanian gas deposit of the Southern Russian field : Bulatovsky readings / materials the II International scientific and practical conference (on March 31, 2018) in 7 volumes: the collection of articles under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2018. – T: Development of oil and gas fields.

19. Sopnev T.V., Beketov S.B. Creation of digital geological model and assessment of reserves of hydrocarbons of the Southern Russian field // Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2018. – No. 01. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/01/17.pdf>

УДК 622.276

**МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА
ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ
НА ПРИОБСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**METHODS OF IMPACT ON THE BOTTOMHOLE FORMATION ZONE
FOR INTENSIFICATION OF OIL PRODUCTION
ON THE PRIOSKOYE OIL FIELD**

Чуйкин Егор Петрович

специалист 1 категории
отдела проектирования и мониторинга
разработки месторождений
Ставропольского края,
ООО «НК «Роснефть» - НТЦ»
egor-1994@bk.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методы воздействия на призабойную зону пласта для интенсификации добычи нефти на Приобском месторождении. Приведены общие сведения о месторождении и оценка запасов нефти. Проведён анализ основных технико-экономических показателей разработки Приобского месторождения и описаны особенности разработки, влияющие на эксплуатацию скважин. Показаны применяемые методы увеличения нефтеотдачи пластов, выбор метода воздействия на нефтяную залежь и геолого-физические критерии применимости различных методов воздействия на Приобском месторождении. Описаны методы воздействия на призабойную зону пласта для интенсификации добычи (заводнение пластов, кислотные обработки, гидроразрыв пласта, повышение эффективности перфорации).

Ключевые слова: особенности разработки месторождения; методы увеличения нефтеотдачи пластов; выбор метода воздействия на нефтяную залежь; геолого-физические критерии применимости различных методов воздействия; заводнение пластов; кислотные обработки; гидроразрыв пласта; повышение эффективности перфорации.

Chuiкин Yegor Petrovich

specialist of the 1st category
of the design and monitoring
department of the field development
of the Stavropol Territory,
LLC «Oil Company «Rosneft» - Scientific
and Technical Center»
egor-1994@bk.ru

Annotation. In the article methods of influence on bottomhole formation zone for intensification of oil production in Priobskoye field are considered. General information about the deposit and estimation of oil reserves are given. The analysis of the main technical and economic parameters of the Priobskoye field development is carried out and the development features affecting well operation are described. The methods used to increase the oil recovery of reservoirs, the choice of the method of influence on the oil deposit and the geological and physical criteria for the applicability of various methods of influence on the Priobskoye field are shown. The methods of influence on the bottomhole formation zone for intensification of production (flooding of beds, acid treatments, hydraulic fracturing of a layer, increase of efficiency of perforation) are described.

Keywords: features of field development; methods of increasing oil recovery; choice of the method of influence on the oil deposit; geological and physical criteria for the applicability of various methods of influence; waterflooding; acid treatments; hydraulic fracturing; increase the efficiency of perforation.

Введение

Нефтяная промышленность является одной из важнейших составляющих экономики России, непосредственно влияющей на формирование бюджета страны и её экспорт.

Состояние ресурсной базы нефтегазового комплекса является наиболее острой проблемой на сегодняшний день. Ресурсы нефти постепенно истощаются, большое число месторождений находится в конечной стадии разработки и имеют большой процент обводнённости. Поэтому наиболее актуальной и первостепенной задачей является поиск и введение в эксплуатацию молодых и перспективных месторождений, одним из которых является Приобское месторождение (по запасам оно одно из крупнейших месторождений России).

Балансовые запасы нефти, утверждённые ГКЗ, по категории С₁ составляют 1827,8 млн тонн, извлекаемые 565,0 млн тонн при коэффициенте нефтеизвлечения 0,309 с учётом запасов в охранной зоне под поймами рек Обь и Большой Салым.

Балансовые запасы нефти категории C_2 составляют 524073 тыс. тонн, извлекаемые – 48970 тыс. тонн при коэффициенте нефтеизвлечения 0,093.

Приобское месторождение имеет ряд характерных особенностей:

- крупное, многопластовое, по запасам нефти уникальное;
- труднодоступное, характеризуется значительной заболоченностью, в весенне-летний период большая часть территории затопляется паводковыми водами;
- по территории месторождения протекает река Обь, разделяющая его на правобережную и левобережную части.

Месторождение характеризуется сложным строением продуктивных горизонтов. Промышленный интерес представляют пласты AC_{10} , AC_{11} и AC_{12} . Коллектора горизонтов AC_{10} и AC_{11} относятся к средне и низкопродуктивным, а AC_{12} – к аномально низкопродуктивным. Эксплуатацию пласта AC_{12} следует выделить в отдельную проблему разработки, т.к. пласт AC_{12} к тому же является самым значительным по запасам из всех пластов. Эта характеристика указывает на невозможность освоения месторождения без активного воздействия на его продуктивные пласты.

Одним из направлений решения этой проблемы является осуществление мероприятий по интенсификации добычи нефти.

Общие сведения о месторождении

Приобское нефтяное месторождение в административном отношении расположено в Ханты-Мансийском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области.

Район работ удалён на 65 км к востоку от города Ханты-Мансийска, на 100 км к западу от города Нефтеюганска. В настоящее время район относится к числу наиболее экономически быстро развивающихся в автономном округе, что стало возможным в связи с ростом объёмов геологоразведочных работ и нефтедобычи.

Наиболее крупные разрабатываемые близлежащие месторождения: Салымское, расположенное в 20 км на восток; Приразломное, расположенное в непосредственной близости; Правдинское – в 57 км на юго-восток.

К юго-востоку от месторождения проходят трассы газопровода Уренгой – Челябинск – Новополюк и нефтепровода Усть-Балык – Омск.

Приобская площадь северной своей частью расположена в пределах Обской поймы – молодой аллювиальной равнины с аккумуляцией четвертичных отложений сравнительно большой мощности. Абсолютные отметки рельефа составляют 30–55 м. Южная часть площади тяготеет к плоской аллювиальной равнине на уровне второй надпойменной террасы со слабо выраженными формами речной эрозии и аккумуляции. Абсолютные отметки здесь составляют 46–60 м.

Гидрографическая сеть представлена протокой Малый Салым, которая протекает в субширотном направлении в северной части площади и на этом участке соединяется мелкими протоками Малой Берёзовской и Полой с крупной и полноводной Обской протокой Большой Салым. Река Обь является основной водной магистралью Тюменской области. На территории района имеется большое количество озёр, наиболее крупные из которых озеро Олевашкина, озеро Карасье, озеро Окунёвое. Болота непроходимые, замерзают к концу января и являются главным препятствием при передвижении транспорта.

Для рассматриваемого района характерны подзолистые глинистые почвы на сравнительно возвышенных участках и торфянисто-подзолисто-иловые и торфяные почвы на заболоченных участках местности. В пределах равнин аллювиальные почвы речных террас в основном песчанистые, местами глинистые. Растительный мир разнообразен. Преобладает хвойный и смешанный лес.

Район находится в зоне разобщённого залегания приповерхностных и реликтовых многолетнемёрзлых пород. Приповерхностные мёрзлые грунты залегают на водоразделах под торфяниками. Толщина их контролируется уровнем грунтовых вод и достигает 10–15 м, температура постоянная и близка к 0 градусам.

На сопредельных территориях (на Приобском месторождении мёрзлые породы не изучены) ММП залегают на глубинах от 140–180 м (Лянторское месторождение).

Мощность ММП составляет 15–40 м, реже более. Мёрзлыми являются чаще нижняя, более глинистая часть новомихайловской и незначительная часть атлымской свит.

Наиболее крупными населёнными пунктами, ближайшими к площади работ, являются города Ханты-Мансийск, Нефтеюганск, Сургут и из более мелких населённых пунктов – посёлки Селиярово, Сытомино, Лемпино и другие.

Оценка запасов нефти

Оценка запасов нефти Приобского месторождения выполнена в целом по пластам без дифференциации по залежам. В связи с отсутствием пластовых вод в литологически ограниченных залежах запасы рассчитывались по чисто нефтяным зонам.

Балансовые запасы нефти Приобского месторождения оценивались объёмным методом.

Основой для расчёта моделей пластов являлись результаты интерпретации ГИС. При этом в качестве граничных значений коллектор-неколлектор были приняты следующие оценки параметров пластов: $K_{ол} \geq 0,145$, проницаемость $\geq 0,4$ мД. Из коллекторов и, следовательно, подсчёта запасов исключались зоны пластов, в которых значения указанных параметров были меньше кондиционных.

При подсчёте запасов использовался метод перемножения карт трёх основных подсчётных параметров: эффективной нефтенасыщенной толщины, коэффициентов открытой пористости и нефтенасыщенности. Эффективный нефтенасыщенный объём рассчитывался отдельно по категориям запасов.

Выделение категорий запасов выполнено в соответствии с «Классификацией запасов месторождений ...» (1983 г.). В зависимости от изученности залежей Приобского месторождения запасы нефти и растворённого газа в них подсчитаны по категориям В, С₁, С₂. Запасы категории В выделены в пределах последних скважин эксплуатационных рядов на левобережном разбуренном участке месторождения. Запасы категории С₁ выделялись на участках, изученных разведочными скважинами, в которых были получены промышленные притоки нефти или имелась положительная информация по ГИС. Запасы в неизученных бурением зонах залежей классифицировались по категории С₂. Граница между категориями С₁ и С₂ проводилась на расстоянии двойного шага эксплуатационной сетки (500×500 м), как это и предусмотрено «Классификацией ...».

Оценка запасов завершалась перемножением полученных объёмов нефтенасыщенных коллекторов по каждому пласту и в пределах выделенных категорий на плотность дегазированной при ступенчатой сепарации нефти и пересчётный коэффициент. Следует отметить, что они несколько отличаются от принятых ранее. Связано это, во-первых, с исключением из расчётов скважин, расположенных далеко за пределами лицензионного участка, а, во-вторых, с изменениями индексации пластов в отдельных разведочных скважинах в результате новой корреляции продуктивных отложений.

Принятые подсчётные параметры и полученные результаты подсчёта запасов нефти и приведены ниже.

Запасы нефти

По состоянию на 01.01.2017 г. на балансе ВГФ запасы нефти числятся в объёме: категория С₁:

- балансовые – 1991281 тыс. тонн;
- извлекаемые – 613380 тыс. тонн;
- КИН – 0,308;

категория С₂:

- балансовые – 571506 тыс. тонн;
- извлекаемые – 63718 тыс. тонн;
- КИН – 0,111;

Категория С₁ + С₂:

- балансовые – 256287 тыс. тонн;
- извлекаемые – 677098 тыс. тонн;
- КИН – 0,264.

В таблице 1 приведены запасы нефти Приобского месторождения по пластам.

Таблица 1 – Запасы нефти Приобского месторождения по пластам

Пласт	Категория ВС ₁			Категория С ₂			Всего		
	балансо- вые	извле- каемые	КИН	балансо- вые	извле- каемые	КИН	балансо- вые	извле- каемые	КИН
АС ₁₀	278503	74797	0,269	74858	8059	0,11	353361	82856	0,234
АС ₁₁	703840	272021	0,386	31624	5519	0,18	735464	277540	0,377
АС ₁₂	990308	264360	0,267	404680	44468	0,11	1394988	308828	0,221
АС ₇	15403	1879	0,122	60344	5672	0,09	75747	7551	0,1
АС ₉	3227	323	0,1				3227	323	0,1
Итого	1991281	613380	0,308	571506	63718	0,11	2562787	677098	0,264

Подсчёт запасов по разбуренному участку левобережной части Приобского месторождения был проведен Партией подсчёта запасов АО «Юганскнефтегаз».

В разбуренной части сосредоточено 109438 тыс. тонн балансовых и 31131 тыс. тонн извлекаемых запасов нефти при КИН 0,284.

По разбуренной части по пластам запасы распределены следующим образом:

пласт АС₁₀:

- балансовые 50 %;
- извлекаемые 46 %;

пласт АС₁₁:

- балансовые 15 %;
- извлекаемые 21 %;

Пласт АС₁₂ :

- балансовые 35 %;
- извлекаемые 33 %.

На рассматриваемой территории основной объём запасов сосредоточен в пластах АС₁₀ и АС₁₂. Данный участок содержит 19,5 % запасов пласта АС₁₀; 2,4 % – АС₁₁; 3,9 % – АС₁₂.

В таблице 2 показаны запасы нефти по зоне эксплуатации Приобского месторождения (левобережная часть)

Таблица 2 – Запасы нефти по зоне эксплуатации Приобского месторождения (левобережная часть)

Пласт	Категория запасов	Запасы нефти, тыс. тонн		КИН, доли ед.
		балансовые	извлекаемые	
АС ₁₀	В	49370	12986	0,263
	С ₁	4937	1299	0,263
	ВС ₁	54307	14285	0,263
АС ₁₁	В	15044	5994	0,398
	С ₁	1204	599	0,398
	ВС ₁	16548	6593	0,398
АС ₁₂	В	35075	9321	0,266
	С ₁	3508	932	0,266
	ВС ₁	38583	10253	0,266
Всего	В	99489	28301	0,284
	С ₁	9949	2830	0,284
	ВС ₁	109438	31131	0,284

Анализ основных технико-экономических показателей разработки Приобского месторождения

Разработка каждого эксплуатационного объекта АС₁₀, АС₁₁ и АС₁₂ проводилась при размещении скважин по линейной трёхрядной треугольной схеме с плотностью сетки 25 га/скв., с бурением всех скважин до пласта АС₁₂.

В 2007 году институтом «СибНИИ НП» было подготовлено «Дополнение к технологической схеме опытно-промышленной разработки левобережной части Приобского месторождения, включая пойменный участок № 4», в котором были даны коррективы по разработке левобережной части месторождения с подключением в работу новых кустов №№ 140 и 141 в пойменной части месторождения. В соответствии с этим документом предусматривается реализация блоковой трёхрядной системы (плотность сетки – 25 га/скв.) с переходом в дальнейшем на более поздней стадии разработки на блочно-замкнутую систему.

Динамика основных технико-экономических показателей разработки представлена в таблице 3.

Анализируя данные таблицы 3, можно увидеть, что добыча нефти постоянно растёт. Если в 2004 году она составляла 2,3 тыс. тонн нефти, то в 2016 году достигла 1485,0 тыс. тонн, добыча жидкости возросла от 2,3 тыс. тонн до 1608,0 тыс. тонн. Таким образом, к 2017 году накопленная добыча нефти составила 8583,3 тыс. тонн.

Для поддержания пластового давления в эксплуатацию вводятся нагнетательные скважины, и начинается закачка воды. На конец 2016 года нагнетательный фонд составляет 135 скважин, а закачка воды росла с 100 тыс. м³ в 2007 году до 2362,0 тыс. м³ в 2016 году. С ростом закачки увеличивается средний дебит действующих скважин по нефти. К 2017 году дебит увеличивается, что объясняется правильным выбором количества закачиваемой воды.

Также с момента ввода в эксплуатацию нагнетательного фонда начинается рост обводнённости продукции и к 2017 году она достигает отметки – 9,8 %, первые 5 лет обводнённость – 0 %.

Фонд добывающих скважин к 2017 году составил 416 скважин, из них скважин, добывающих продукцию механизированным способом – 373.

Приобское месторождение является одним из самых молодых и перспективных в Западной Сибири.

Особенности разработки, влияющие на эксплуатацию скважин

Месторождение отличается низкими дебитами скважин. Основными проблемами разработки месторождения являются низкая продуктивность добывающих скважин, низкая естественная (без разрыва пластов нагнетаемой водой) приёмистость нагнетательных скважин, а также плохое перераспределение давления по залежам при осуществлении ППД (вследствие слабой гидродинамической связи отдельных участков пластов). В отдельную проблему разработки месторождения следует выделить эксплуатацию пласта АС₁₂. Из-за низких дебитов многие скважины этого пласта должны быть остановлены, что может привести к консервации на неопределённый срок значительных запасов нефти. Одним из направлений решения этой проблемы по пласту АС₁₂ является осуществление мероприятий по интенсификации добычи нефти.

Приобское месторождение характеризуется сложным строением продуктивных горизонтов как по площади, так и по разрезу. Коллектора горизонтов АС₁₀ и АС₁₁ относятся к средне- и низкопродуктивным, а АС₁₂ – к аномально низкопродуктивным.

Геолого-физическая характеристика продуктивных пластов месторождения указывает на невозможность освоения месторождения без активного воздействия на его продуктивные пласты и без использования методов интенсификации добычи.

Это подтверждает опыт разработки эксплуатационного участка левобережной части.

Выбор метода воздействия на нефтяную залежь

Выбор метода воздействия на нефтяные залежи определяется рядом факторов, наиболее существенными из которых являются:

- 1) геолого-физические характеристики залежей;
- 2) технологические возможности осуществления метода на данном месторождении;
- 3) экономические критерии.

Таблица 3 – Динамика основных показателей разработки Приобского месторождения

№№ п/п	Показатели	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Добыча нефти, тыс. тонн	2,3	23,0	127,0	264,0	426,0	538,0	597,0	715,0	810,0	1062,0	1184,0	1350,0	1485,0
2	Действующий фонд добывающих скважин на конец года, шт.	1	9	27	62	138	210	306	354	237	296	302	321	332
3	Фонд добывающих скважин на конец года, шт.	1	9	32	64	123	234	372	450	457	432	413	422	416
4	Фонд механизированных скважин на конец года, шт.	0	4	13	40	71	148	209	323	347	379	379	379	373
5	Фонд нагнетательных скважин на конец года, шт.	0	0	0	11	16	22	23	27	45	79	104	129	135
6	Среднегодовая обводненность (весовая), %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,1	1,0	2,1	1,9	3,9	6,2	9,8
7	Добыча жидкости всего, тыс. тонн	2,3	24,0	127,0	264,0	426,0	545,0	610,0	722,0	828,0	1083,5	1233,0	1439,0	1608,0
8	Закачка воды, тыс. м ³	0,0	0,0	0,0	100,0	621,0	735,0	719,0	704,0	778,5	1570,0	1774,0	2094,0	2362,0
9	Средний дебит действующих скважин по нефти, тонн/сут.	20,7	17,1	17,5	20,4	16,1	10,7	7,7	6,9	9,0	11,5	11,5	13,1	13,6
10	Средний дебит действующих скважин по жидкости, тонн/сут.	20,7	17,1	17,5	20,4	16,1	10,8	7,9	7,0	9,2	11,9	12,0	14,0	16,9
11	Темп отбора от начальныхвлекаемых запасов, %	0,0	0,0	0,1	0,7	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,8	2,1	2,2	2,6
12	Добыча нефти с начала разработки, тыс. тонн	2,3	25,3	152,3	416,3	842,3	1380,3	1977,3	2692,3	3502,3	4564,3	5748,3	7098,3	8583,3

Перечисленные выше методы воздействия на пласт имеют многочисленные модификации и в своей основе базируются на огромном наборе составов используемых рабочих агентов. Поэтому при анализе существующих методов воздействия имеет смысл, в первую очередь, использовать опыт разработки месторождений Западной Сибири, а также месторождений других регионов с аналогичными Приобскому месторождению свойствами коллекторов (в первую очередь, низкую проницаемость коллекторов) и пластовых флюидов.

Из методов интенсификации добычи нефти воздействием на призабойную зону скважины наиболее широко распространены:

- гидроразрыв пласта;
- кислотные обработки;
- физико-химические обработки различными реагентами;
- теплофизические и термо-химические обработки;
- импульсно-ударное, виброакустическое и акустическое воздействие.

Геолого-физические критерии применимости различных методов воздействия на Приобском месторождении

Основными геолого-физическими характеристиками Приобского месторождения для оценки применимости различных методов воздействия являются:

- глубина продуктивных пластов – 2400–2600 м;
- залежи литологически экранированные, естественный режим – упругий замкнутый;
- толщина пластов АС₁₀, АС₁₁ и АС₁₂ соответственно до 20,6; 42,6 и 40,6 м;
- начальное пластовое давление – 23,5–25,0 МПа;
- пластовая температура – 88–90 °С;
- низкая проницаемость коллекторов, средние значения по результатам исследования керна – по пластам АС₁₀, АС₁₁ и АС₁₂ соответственно 15,4; 25,8 и 2,4 мД;
- высокая латеральная и вертикальная неоднородность пластов;
- плотность пластовой нефти – 780–800 кг/м³;
- вязкость пластовой нефти – 1,4–1,6 мПа·с;
- давление насыщения нефти – 9–11 МПа;
- нефть нафтенового ряда, парафинистая и малосмолистая.

Сопоставляя представленные данные с известными критериями эффективного применения методов воздействия на пласт, можно отметить, что даже без детального анализа из перечисленных выше методов для Приобского месторождения могут быть исключены тепловые методы и полимерное заводнение (как метод вытеснения нефти из пластов). Тепловые методы применяются для залежей с высоковязкими нефтями и на глубинах до 1500–1700 м. Полимерное заводнение предпочтительно использовать в пластах проницаемостью более 0,1 мкм² для вытеснения нефти с вязкостью от 10 до 100 мПа·с и при температуре до 90 °С (для более высоких температур применяются дорогостоящие, специальные по составам полимеры).

Методы воздействия на призабойную зону пласта для интенсификации добычи

Заводнение пластов

Опыт разработки отечественных и зарубежных месторождений показывает, что заводнение оказывается довольно эффективным методом воздействия на низкопроницаемые коллектора при строгом соблюдении необходимых требований к технологии его осуществления.

В числе основных причин, вызывающих снижение эффективности заводнения низкопроницаемых пластов, оказывается ухудшение фильтрационных свойств породы за счёт:

- набухания глинистых составляющих породы при контакте с закачиваемой водой;
- засорения коллектора мелкодисперсными механическими примесями, находящимися в закачиваемой воде;
- выпадения в пористой среде коллектора осадков солей при химическом взаимодействии нагнетаемой и пластовой воды;

- уменьшения охвата пласта заводнением вследствие образования вокруг нагнетательных скважин трещин разрыва и распространения их в глубь пласта (для прерывистых пластов возможно также некоторое увеличение охвата пласта по разрезу);
- значительной чувствительности к характеру смачиваемости пород нагнетаемым агентом;
- значительного снижения проницаемости коллектора за счёт выпадения парафинов.

Проявление всех этих явлений в низкопроницаемых коллекторах вызывает более существенные последствия, чем в высокопроницаемых породах.

Для устранения влияния на процесс заводнения указанных факторов используются соответствующие технологические решения: оптимальные сетки скважин и технологические режимы эксплуатации скважин, нагнетание в пласты воды необходимого типа и состава, соответствующая её механическая, химическая и биологическая очистка, а также добавка в воду специальных компонентов.

Для Приобского месторождения заводнение следует рассматривать в качестве основного метода воздействия.

Применение растворов ПАВ на месторождении было отвергнуто, в первую очередь, по причине низкой эффективности этих реагентов в условиях низкопроницаемых коллекторов.

Для Приобского месторождения и щелочное заводнение не может быть рекомендовано по следующим причинам:

- основной из них является преимущественная структурная и слоистая глинистость коллекторов. Глинистые агрегаты представлены каолинитом, хлоритом и гидрослюдой. Взаимодействие щелочи с глинистым материалом может привести не только к набуханию глин, но и к разрушению породы. Щелочной раствор низкой концентрации увеличивает коэффициент набухаемости глин в 1,1–1,3 раза и снижает проницаемости породы в 1,5–2,0 раза по сравнению с пресной водой, что является критичным для низкопроницаемых коллекторов Приобского месторождения. Применение растворов высокой концентрации (снижающих набухаемость глин) активизирует процесс разрушения породы. Кроме того, глины с высокой способностью к ионному обмену могут отрицательно воздействовать на оторочку щелочного раствора в результате замены натрия на водород;
- сильно развитая неоднородность пласта и большое число пропластков, приводящие к низкому охвату пласта раствором щелочи.

Основным препятствием к применению эмульсионных систем для воздействия на залежи Приобского месторождения являются низкие фильтрационные характеристики коллекторов месторождения. Создаваемые эмульсиями фильтрационные сопротивления в низкопроницаемых коллекторах приведут к резкому уменьшению приёмистости нагнетательных скважин и снижению темпов отбора нефти.

Кислотные обработки

Кислотные обработки пластов осуществляются как для увеличения, так и для восстановления проницаемости коллектора призабойной зоны скважины. Большинство этих работ проведено при переводе скважин в нагнетание и последующего увеличения их приёмистости.

Стандартная кислотная обработка на Приобском месторождении заключается в приготовлении раствора в составе 14 % HCl и 5 % HF объёмом из расчёта 1,2–1,7 м³ на 1 метр перфорированной толщины пласта и закачки его в интервал перфорации. Время реагирования составляет около 8 часов.

При рассмотрении эффективности воздействия неорганических кислот принимались во внимание нагнетательные скважины с длительной (более одного года) закачкой воды до обработки. Кислотная обработка ПЗС в нагнетательных скважинах оказывается довольно эффективным методом восстановления их приёмистости. В качестве примера в таблице 4 представлены результаты обработок по ряду нагнетательных скважин.

Таблица 4 – Результаты обработок в нагнетательных скважинах

№ скважины	Приёмистость до обработки, м ³ /сут.	Приёмистость после обработки, м ³ /сут.	Давление закачки, атм.	Тип кислоты
103	30	220	185	HCl
91	140	480	155	HCl
1127	0	360	175	HCl
1765	30	280	180	HCl
2770	0	335	175	HCl
1792	30	288	170	HCl
2712	0	410	170	HCl
2734	30	410	170	HCl
2730	0	340	170	HCl

Анализ проведённых обработок показывает, что композиция соляной и плавиковой кислоты улучшает проницаемость ПЗС. Приёмистость скважин увеличивалась от 1,5 до 10 раз, эффект прослеживается от 3 месяцев до 1 года.

Таким образом, на основании анализа проведённых на месторождении кислотных обработок можно сделать вывод о целесообразности осуществления кислотных обработок призабойных зон нагнетательных скважин с целью восстановления их приёмистости.

Гидроразрыв пласта

Гидроразрыв пласта (ГРП) является одним из наиболее эффективных методов интенсификации добычи нефти из низкопроницаемых коллекторов и увеличения выработки запасов нефти. Гидроразрыв широко используется как в отечественной, так и зарубежной практике нефтедобычи.

Значительный опыт ГРП уже накоплен на Приобском месторождении. Анализ выполненных на месторождении ГРП указывает на высокую эффективность для месторождения данного вида интенсификации добычи, несмотря на существенные темпы падения дебита после ГРП. Гидроразрыв пласта в случае с Приобским месторождением является не только методом интенсификации добычи, но и увеличения нефтеотдачи. Во-первых, ГРП позволяет подключить недренируемые запасы нефти в прерывистых коллекторах месторождения. Во-вторых, данный вид воздействия позволяет отобрать дополнительный объём нефти из низкопроницаемого пласта АС₁₂ за приемлемое время эксплуатации месторождения.

Проведём оценку дополнительной добычи от проведения ГРП на Приобском месторождении.

Внедрение метода ГРП на Приобском месторождении началось в 2006 году как одного из наиболее рекомендуемых методов интенсификации в данных условиях разработки.

За период с 2009 по январь 2017 года на месторождении было проведено 263 ГРП (61 % фонда). Основное количество ГРП было произведено в 2011 году – 126.

На конец 2011 года дополнительная добыча нефти за счёт ГРП уже составила около 48 % от всей добытой за год нефти. Причём большая часть дополнительной добычи составила нефть пласта АС₁₂ – 78,8 % от всей добычи по пласту и 32,4 % от добычи в целом. По пласту АС₁₁ – 30,8 % от всей добычи по пласту и 4,6 % от добычи в целом. По пласту АС₁₀ – 40,5 % от всей добычи по пласту и 11,3 % от добычи в целом.

Как видно, основным объектом для проведения ГРП являлся пласт АС₁₂ как наиболее низкопродуктивный и содержащий большую часть запасов нефти по левобережной зоне месторождения.

На конец 2016 года дополнительная добыча нефти за счёт ГРП составила более 44 % добычи нефти от всей добытой за год нефти.

Динамика добычи нефти по месторождению в целом, а также дополнительная добыча нефти за счёт ГРП представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Дополнительная добыча от проведения ГРП

	ГОДЫ							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Дополнительная добыча от ГРП, тыс. тонн	2,5	4,9	17,6	79,7	346,7	611,0	701,0	606,0
в % от общей добычи по месторождению в целом	0,42	0,91	2,9	11,1	42,8	57,5	59,2	44,9

Существенный рост добычи нефти за счёт ГРП налицо – начиная с 2009 года, когда дополнительная добыча от ГРП составила 2,5 тыс. тонн. С каждым годом прирост добычи от гидроразрыва растёт. Максимальное значение прироста – 2015 год (701,0 тыс. тонн), в 2016 году значение дополнительной добычи падает до 606,0 тыс. тонн, что ниже, чем в 2014 году на 5,0 тыс. тонн.

Таким образом, ГРП следует рассматривать основным способом увеличения нефтеотдачи на Приобском месторождении.

Повышение эффективности перфорации

Дополнительным средством повышения продуктивности скважин является совершенствование перфорационных работ, а также образование дополнительных фильтрационных каналов при перфорации.

Совершенствование перфорации ПЗС может быть достигнуто за счёт применения более мощных перфорационных зарядов для увеличения глубины перфорационных каналов, увеличения плотности перфорации и использования фазировки.

К методам создания дополнительных фильтрационных каналов может быть отнесена, к примеру, технология создания системы трещин при вторичном вскрытии пласта перфораторами на трубах – система трещинной перфорации пласта (СТПП).

Впервые эта технология была применена фирмой «Marathon» (штат Техас, США) в 2006 году. Её суть заключается в перфорации продуктивного пласта мощными 85,7 миллиметровыми перфораторами плотностью около 20 отверстий на метр при репрессии на пласт с последующим закреплением перфорационных каналов и трещин расклинивающим агентом – бокситом фракции от 0,42 до 1,19 мм.

В результате промысловых испытаний технологии (около 120 обработок) в основном на месторождениях Канады был определён наиболее оптимальный компонентный состав продавочной жидкости и порядок выполнения операций. В качестве «головной» порции жидкости (около 250 м НКТ над перфораторами) может заливаться кислотный состав, нефть, метанол или солевые растворы. Выше располагается «носитель» – цилиндрическая установка с расклинивающим агентом (боксит и др.) в оболочке, раскрывающейся с помощью специальных зарядов, срабатывающих одновременно с основными перфораторами при создании на устье колонны НКТ давления 30–50 МПа. При срабатывании перфораторов устьевое давление в течение 15–30 секунд снижается в 2,0–2,5 раза. Над носителем располагается азот или другой сжимаемый газ, который обеспечивает рост общей энергии системы. За счёт расширения азота достигаются высокие скорости поступления жидкости и расклинивающего агента в отверстия перфорации. Для сжатия газа сверху используются вязкие буферные жидкости.

Промысловые испытания показывают, что эффективность данного метода равноценна гидроразрыву с закачкой в трещины около 2 тонн расклинивающего агента.

Согласно рекомендациям применение СТПП на Приобском месторождении рекомендуется проводить по данным ГИС в зависимости от проницаемости вскрытого пласта.

Если минимальная проницаемость пропластков составляет 2–5 мД, то использование СТПП считается предпочтительнее, чем ГРП. При этом гидроразрыв может быть применён в дальнейшем.

Технология может быть применена также как метод оценки добычных возможностей пласта для проектирования более дорогостоящих интенсифицирующих обработок.

В ходе разработки Приобского месторождения выполнялись мероприятия, направленные на увеличения охвата пластов воздействием и более полного вовлечения их в работу.

Выполнялись:

- дострел интервала перфорации в пределах вскрытого горизонта;
- приобщение пластов.

Основные работы по приобщению и дострелу пластов Приобского месторождения произведены в 2013–2016 гг. Результаты проведения мероприятий по дострелу представлены в таблице 6, по приобщениям – в таблице 7.

Таблица 6 – Сводная таблица результатов дострелов за период 2013–2016 гг.

2013 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество дострелов (скв.)	4	4	25	33
Общая эффективная мощность дострела, м	3,2	31,8	251	286
В среднем по 1 скважине, м	0,8	7,95	10,04	8,67
Средний прирост дебита, тонн/сут.	0	9,1	10,1	9,6
Прирост добычи, тонн	0	1547	12254	13801
2014 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество дострелов (скв.)	2	10	26	38
Общая эффективная мощность дострела, м	7,2	8,4	152	167,6
В среднем по 1 скважине, м	3,6	0,84	5,84	4,41
Средний прирост дебита, тонн/сут.	0	6,85	0	6,85
Прирост добычи, тонн	0	6013	0	6013
2015 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество дострелов (скв.)	2	0	7	9
Общая эффективная мощность дострела, м	1,2	0	4,6	5,8
В среднем по 1 скважине, м	1,2	0	1,5	0,6
Средний прирост дебита, тонн/сут.	4,4	0	0	4,8
Прирост добычи, тонн	1500	0	5000	6500
2016 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество дострелов (скв.)	35	0	20	55
Общая эффективная мощность дострела, м	–	–	–	–
В среднем по 1 скважине, м	–	–	–	–
Средний прирост дебита, тонн/сут.	8,64	0	2,36	5,5
Прирост добычи, тонн	7973,9	0	729,5	8703,4

Таблица 7 – Сводная таблица результатов приобщений за период 2013–2016 гг.

2013 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество приобщений (скв.)	16	14	20	50
Общая эффективная мощность приобщений, м	220,7	168,6	416,0	805,3
В среднем по 1 скважине, м	13,79	12,04	20,80	16,11
Средний прирост дебита, тонн/сут.	6,9	6,4	4,9	6,07
Прирост добычи, тонн	9292	6042	5309	20643
2014 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество приобщений (скв.)	8	5	28	41
Общая эффективная мощность приобщений, м	78,2	86,9	593,0	758,1
В среднем по 1 скважине, м	9,77	17,38	21,18	18,49
Средний прирост дебита, тонн/сут.	4,0	6,7	0	5,35
Прирост добычи, тонн	6498	5698	0	12196
2015 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество приобщений (скв.)	0	0	5	5
Общая эффективная мощность приобщений, м			0	0
В среднем по 1 скважине, м			0	0
Средний прирост дебита, тонн/сут.	0	0	0	0
Прирост добычи, тонн	0	0	0	0
2016 год				
Результаты	Пласты			
	АС ₁₀	АС ₁₁	АС ₁₂	Всего
Количество приобщений (скв.)	88	12	0	100
Общая эффективная мощность приобщений, м				819,1
В среднем по 1 скважине, м				
Средний прирост дебита, тонн/сут.	10,5	9,4	0	9,9
Прирост добычи, тонн	21272,4	2901,3	0	24173,7

Судя по таблице 6, наибольшее количество мероприятий по дострелу было произведено в 2016 году, в 2015 году – самое минимальное – 9. Количество дострелов за весь период по пластам: АС₁₀ – 43, АС₁₁ – 14, АС₁₂ – 78. Пласт АС₁₂ как самый низкопродуктивный, но наиболее значимый по запасам, гораздо чаще остальных пластов подвергался дострелу, т.к. с увеличением охвата пласта воздействием растёт нефтеотдача.

Несмотря на то, что в 2016 году осуществлялось наибольшее количество дострелов, прирост добычи составил 8703,4 тонн, что меньше, чем в 2013 году – 13801 тонн, но больше, чем в 2014 году – 6013 тонн, и в 2015 году – 6500 тонн.

Анализируя результаты мероприятия, можно сделать вывод, что прирост добычи напрямую зависит не от количества дострелов, а от общей эффективной мощности пласта. Значение максимальной эффективной мощности в 2013 году – 286 м, в этот же год наблюдается максимальный прирост в добыче (13801 тонн).

Для более полного вовлечения пластов в работу в ходе разработки проводились мероприятия по приобщению пластов, т.е. в скважине, в которой уже были проведены перфорационные работы на каком-то пласте ранее, проводят перфорацию вторично, но уже другого пласта.

Результаты таких приобщений представлены в таблице 4.

По данным таблицы 7 самый удачный год для проведения данного метода интенсификации является 2016 год, т.к. 2016 год характеризуется максимальными показателями за весь период (количество приобщений – 100, общая эффективная мощность приобщения – 819,1 м, прирост добычи – 24173,7 тонн). Неудачный год по результатам таблицы 4 для проведения приобщений, как и для дострелов – 2015 год. В 2013 году прирост добычи составил 20643 тонн, число мероприятий – 50, в 2014 году соответственно 12196 тонн и 41 приобщений. В общем за 4 года количество приобщений на пласт АС₁₀ составило порядка 112, АС₁₁ – 31, АС₁₂ – 53, в целом за рассматриваемый период было проведено 196 приобщений.

С момента проведения мероприятий в 2013 году средний прирост дебита составил 6,07 тонн/сут., добычи – 20643 тонн, к 2014 году дебит упал до отметки 5,35 тонн/сут., прирост добычи снизился до 12196 тонн, 2015 год характеризуется нулевыми результатами, а в 2016 году – резкий рост дебита до 9,9 тонн/сут., добычи – до 24173,7 тонн.

Для сравнения методов по результатам проведения операций представлена таблица 8.

Таблица 8 – Сопоставление методов по результатам проведения операций

Мероприятия	Количество	Дополнительная добыча
Приобщения	196	57012,7
Дострелы	135	33517,4
ИТОГО	331	90530,1

Как видно из сводной таблицы 8, за период 2013–2016 гг. дополнительная добыча от приобщений за 4 года составила 57012,7 тонн, что больше на 23495,3 тонн прироста добычи нефти за тот же период от дострелов, а число проведённых приобщений больше на 61 операцию.

В общем за весь период было проведено 331 перфорационных работ и суммарная дополнительная добыча от них составила 90530,1 тонн нефти.

В процентном соотношении от общей добычи по месторождению в целом дополнительная добыча от методов перфорации по годам составила: в 2013 году – 4,25 %, в 2014 году – 1,7 %, в 2015 году – 0,55 %, в 2016 – 2,43 %.

Дополнительным средством повышения продуктивности скважин является совершенствование перфорационных работ, а также образование дополнительных фильтрационных каналов при перфорации.

Таким образом, дострел интервала перфорации в пределах вскрытого горизонта и приобщение пластов можно рекомендовать как мероприятия, направленные на увеличение охвата пластов воздействием и более полного вовлечения их в работу.

Заключение

Анализ существующих методов интенсификации добычи нефти показывает, что в качестве основного метода стимулирования добывающих скважин Приобского месторождения следует рекомендовать ГРП. Наиболее эффективным методом восстановления приёмистости нагнетательных скважин является кислотная обработка ПЗС.

Дополнительным направлением интенсификации добычи нефти на месторождении является повышение эффективности перфорации.

Для удаления возможных отложений АСПО и жидкости глушения в ПЗС предлагается использовать обработки растворителями.

Следует также в дальнейшем провести опытно-промысловые испытания других методов воздействия на ПЗС и, в первую очередь, для добывающих скважин – технологии гелеобразующих составов и обработку растворителями, а для нагнетательных скважин – обработку растворами ПАВ.

Литература:

1. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С. Гидродинамические методы исследования скважин на Приобском месторождении // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Новые технологии в науке и образовании» (08 июня 2015 года, г. Махачкала). – Махачкала : УВО «Махачкалинский инновационный университет», 2015. – С. 8–25.
2. Чуйкин Е.П., Арутюнян А.С., Савенок О.В., Петрушин Е.О. Анализ эффективности гидродинамических исследований скважин на Приобском месторождении : Строительство и ремонт скважин – 2015 / сборник докладов Международной научно-практической конференции (21–26 сентября 2015 года, г. Анапа, Краснодарский край); ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2015. – С. 62–68.
3. Чуйкин Е.П., Петрушин Е.О., Арутюнян А.С. Анализ гидродинамических методов исследования скважин на Приобском месторождении // Электронный сетевой политехнический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2015. – № 11. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/632>
4. Чуйкин Е.П., Петрушин Е.О. Анализ эффективности гидродинамических исследований скважин на Приобском месторождении // Тезисы научно-практической конференции молодых специалистов «Опыт поколений. Сила новаций»; Секция: Геология, недропользование и разработка месторождений (25–27 ноября 2015 года, г. Геленджик). – Краснодар : ООО «Газпром добыча Краснодар», 2015. – С. 15–16.
5. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С., Коффи Амону Кра Аксель Камиль. Геофизические методы исследования скважин на Приобском нефтяном месторождении // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 142–168.
6. Петрушин Е.О., Арутюнян А.С. Построение трёхмерной геологической модели Приобского нефтяного месторождения // Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. – 2018. – № 01. – URL : <http://vsn.esrae.ru/pdf/2018/01/18.pdf>
7. Антониади Д.Г., Савенок О.В. Перспективные методы решения прогнозных задач нефтедобычи с комплексом факторов затруднений // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – М. : ВНИИОЭНГ, 2013. – № 4. – С. 35–38.
8. Антониади Д.Г., Савенок О.В. Анализ структуры трудноизвлекаемых запасов и тенденций увеличения темпа прироста // ГеоИнжиниринг. – Краснодар : Издательство ЗАО НИПИ «ИнжГео», 2013. – № 2 (18) лето 2013. – С. 76–80.
9. Савенок О.В. Геологические особенности освоения трудноизвлекаемых залежей // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М. : Издательство «Горная книга», 2013. – № 8. – С. 130–135.
10. Антониади Д.Г., Савенок О.В. Разработка принципов геозкологической информационной системы для нефтедобычи с трудноизвлекаемыми запасами и осложнёнными условиями эксплуатации // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М. : ВНИИОЭНГ, 2013. – № 8. – С. 38–43.
11. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Аналитический обзор экологически безопасных решений по интенсификации добычи нефти при эксплуатации месторождений на территории Краснодарского края // Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития: сборник статей Международной научно-практической конференции (10 февраля 2016 года, г. Уфа). – Уфа : АЭТЕРНА, 2016. – С. 191–199.
12. Скуба Д.А., Пегов Е.Н., Савенок О.В., Соловьёва В.Н. Высокая эффективность циклической закачки воды на месторождениях с флишевым строением коллекторов (результаты промышленного эксперимента на залежи кумского горизонта Новодмитриевского месторождения) // Нефтепромысловое дело. – М. : ВНИИОЭНГ, 2016. – № 7. – С. 10–14.
13. Яковлев А.Л., Чуйкин Е.П., Савенок О.В. Оценка полноты обеспеченности технологизации при проведении интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края // Нефть. Газ. Новации. – Самара : ООО «Редакция журнала «Нефть. Газ. Новации», 2016. – № 7/2016. – С. 35–40.
14. Яковлев А.Л., Савенок О.В. Нарушения экологической безопасности при интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 1. – С. 50–54.
15. Яковлев А.Л., Панцарников Д.С., Савенок О.В. Анализ методов воздействия на призабойную зону пласта в условиях Самотлорского месторождения // Нефть. Газ. Новации. – Самара : Издательский Дом «Нефть. Газ. Новации», 2017. – № 2/2017. – С. 36–51.
16. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В., Джозефс Эджемен Рэйчел. Технологии и принципы разработки многопластовых месторождений // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 1. – С. 33–50.

17. Березовский Д.А., Кусов Г.В., Савенок О.В., Матвеева И.С. Анализ проведения солянокислотной обработки скважин на Средне-Макарихинском месторождении : Булатовские чтения / материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах; сборник статей под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 30–38. – URL : <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-30-38.pdf>

18. Савенок О.В., Лешкович Н.М., Мажник В.И. Анализ обводнённости и методы ограничения водопритоков в нефтегазодобывающих скважинах месторождений острова Сахалин : Булатовские чтения / материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года) в 5 томах; сборник статей под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 255–260. – URL : <http://id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-255-260.pdf>

19. Сезар Лину Андре, Очередыко Т.Б., Савенок О.В., Матвеева И.С. Анализ эффективности применения технологий водоизоляционных работ в продуктивных пластах Южно-Ягунского месторождения // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 3. – С. 208–236.

20. Савенок О.В., Арутюнян А.С., Петрушин Е.О. Особенности строительства скважин в условиях сложнопостроенных коллекторов нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами // Нефть. Газ. Новации. – Самара : ООО «Редакция журнала «Нефть. Газ. Новации», 2017. – № 8/2017. – С. 11–20.

21. Матвеева И.С., Савенок О.В. Анализ эффективности применения технологий по отключению обводнившихся пропластков на Южно-Ягунском месторождении // Сборник докладов 8-й Международной научно-практической конференции «Строительство и ремонт скважин – 2017» (18-23 сентября 2017 года, г. Анапа, Краснодарский край); ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо». – Краснодар : ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2017. – С. 98–114.

22. Матвеева И.С., Березовский Д.А., Савенок О.В. Расчёт предельного безводного дебита скважины на примере Комсомольского газового месторождения / Материалы X Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых» (24–26 октября 2017 года, г. Пермь). Секция 3: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2017. – С. 176–179.

23. Савенок О.В., Арутюнян А.С., Петрушин Е.О. Анализ эффективности проведения потокоотклоняющих технологий на Вынгапуровском нефтегазоконденсатном месторождении // Инженер-нефтяник. – М. : Издательство ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2017. – № 4. – С. 16–20.

24. Аушев М.Р., Савенок О.В. Выбор и обоснование технологии поддержания пластового давления при эксплуатации скважин на участке Восточный Молдабек месторождения Кенбай // НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 4. – С. 298–316.

25. Характеристика Приобского месторождения, методы его разработки. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65625b3bd78b4d43b88421316c27_0.html

References:

1. Petrushin E.O., Arutyunyan Ampere-second. Hydrodynamic methods of well survey on the Priobskoye field // the Collection of materials of the International scientific and practical conference «New Technologies in Science and Education» (on June 08, 2015, Makhachkala). – Makhachkala : UVO «Makhachkala Innovative University», 2015. – P. 8–25.

2. Chuykin E.P., Arutyunyan A.S., Savenok O.V., Petrushin E.O. The analysis of efficiency of hydrodynamic well surveys on the Priobskoye field : Construction and repair of wells – 2015 / collection reports of the International scientific and practical conference (on September 21–26, 2015, Anapa, Krasnodar Krai); LLC Nitpo Scientific and Production Firm. – Krasnodar : LLC Nitpo Scientific and Production Firm, 2015. – P. 62–68.

3. Chuykin E.P., Petrushin E.O., Arutyunyan A. S. The analysis of hydrodynamic methods of well survey on the Priobskoye field // the Online network polythematic magazine «Nauchnye Trudy KubGTU». – 2015. – No. 11. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/632>

4. Chuykin E.P., Petrushin E.O. The analysis of efficiency of hydrodynamic well surveys on the Priobskoye field // Theses of a scientific and practical conference of young specialists «Experience of generations. Force of innovations»; Section: Geology, subsurface use and development of fields (on November 25–27, 2015, Gelendzhik). – Krasnodar : LLC Gazprom dobycha Krasnodar, 2015. – P. 15–16.

5. Petrushin E.O., Arutyunyan Ampere-second., to Coffi Amon Kra Axel Kamil. Geophysical methods of well survey on the Priobskoye oil field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 142–168.

6. Petrushin E.O., Arutyunyan Ampere-second. Creation of three-dimensional geological model of the Ob oil field // Messenger of student's science of department of information systems and programming. – 2018. – No. 01. – URL : <http://vs.n.esrae.ru/pdf/2018/01/18.pdf>
7. Antoniadi D.G., Savenok O.V. Perspective methods of the solution of expected tasks of oil production with a complex of factors of difficulties // Construction of oil and gas wells by land and by sea. – M. : VNIOENG, 2013. – No. 4. – P. 35–38.
8. Antoniadi D.G., Savenok O.V. Analysis of structure of hardly removable stocks and tendencies of increase in rate of a gain // Geoinzhiniring. – Krasnodar : CJSC NIPI Inzhgeo publishing house, 2013. – No. 2 (18) summer 2013. – P. 76–80.
9. Savenok O.V. Geological features of development of hardly removable deposits // Mountain information and analytical bulletin (scientific and technical magazine). – M. : Mountain Book publishing house, 2013. – No. 8. – P. 130–135.
10. Antoniadi D.G., Savenok O.V. Development of the principles of a geocological information system for oil production with hardly removable stocks and the complicated service conditions // Environment protection in an oil and gas complex. – M. : VNIOENG, 2013. – No. 8. – P. 38–43.
11. Yakovlev A.L., Savenok O.V. The state-of-the-art review of ecologically safe decisions on an oil production intensification at operation of fields in the territory of Krasnodar Krai // Technologies of the 21st century: problems and prospects of development : collection of articles of the International scientific and practical conference (on February 10, 2016, Ufa). – Ufa : AETERNA, 2016. – P. 191–199.
12. Skuba D.A., Pegov E.N., Savenok O.V., Solovyova V.N. High efficiency of cyclic pumping water on fields with a flishevy structure of collectors (results of an industrial experiment on a deposit of the kumsky horizon of the Novodmitriyevsky field) // Oil-field business. – M. : VNIOENG, 2016. – No. 7. – P. 10–14.
13. Yakovlev A.L., Chuykin E.P., Savenok O.V. Otsenka of completeness of security of technologization when carrying out an intensification of oil production on fields of Krasnodar Krai // Oil. Gas. Innovations. – Samara : LLC Editorial Office of the Magazine Neft. Gaz. Novatsii, 2016. – No. 7/2016. – P. 35–40.
14. Yakovlev A.L., Savenok O.V. Violations of ecological safety at an oil production intensification on fields of Krasnodar Krai // Environment protection in an oil and gas complex. – M. : VNIOENG, 2017. – No. 1. – P. 50–54.
15. Yakovlev A.L., Pantsarnikov D.S., Savenok O.V. The analysis of methods of impact on a bottomhole zone of layer in the conditions of Samotlor field // Oil. Gas. Innovations. – Samara : Publishing house «Oil. Gas. Innovations», 2017. – No. 2/2017. – P. 36–51.
16. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V., Dzhozefs Edzhemen Rachael. Technologies and principles of development of multibedded fields // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 1. – P. 33–50.
17. Berezovsky D.A., Kusov G.V., Savenok O.V., Matveeva I.S. The analysis of carrying out salting-nokislotnoy processings of wells on the Average and Makarikhinsky field : Bulatovsky readings / materials the I International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes; the collection of articles under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 2: Development of oil and gas fields. – P. 30–38. – URL : <http://www.id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-30-38.pdf>
18. Savenok O.V., Leshkovich N.M., Mazhnik V.I. The analysis of water content and methods of restriction of water inflows in oil and gas extraction wells of fields of the island of Sakhalin : Bulatovsky readings / materials the I International scientific and practical conference (on March 31, 2017) in 5 volumes; the collection of articles under a general edition of the Dr. Sci. Tech., the prof. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 2: Development of oil and gas fields. – P. 255–260. – URL : <http://id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-255-260.pdf>
19. César Lina Andrée, Ocheredko T.B., Savenok O.V., Matveev I.S. The analysis of efficiency of use of technologies of water insulating works in productive layers of the Southern Yagunsky field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 3. – P. 208–236.
20. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O. Features of construction of wells in the conditions of collectors of oil fields of complex structure with hardly removable stocks // Oil. Gas. Innovations. – Samara : LLC Editorial Office of the Magazine Neft. Gaz. Novatsii, 2017. – No. 8/2017. – P. 11–20.
21. Matveeva I.S., Savenok O.V. The analysis of efficiency of use of technologies for shut-down of the flooded proplastok on the Southern Yagunsky field // the Collection of reports of the 8th International scientific and practical conference «Construction and Repair of Wells – 2017» (on September 18–23, 2017, Anapa, Krasnodar Krai); LLC Nitpo Scientific and Production Firm. – Krasnodar : LLC Nitpo Scientific and Production Firm, 2017. – P. 98–114.

22. Matveeva I.S., Berezovsky D.A., Savenok O.V. Calculation of a limit waterless output of the well on the example of the Komsomol gas field / Materials X of the All-Russian scientific and technical conference «Problems of Development of Fields of Hydrocarbonic and Ore Minerals» (on October 24–26, 2017, Perm). Section 3: Development of oil and gas fields. – Perm : Publishing house of the Perm national research polytechnical university, 2017. – P. 176–179.

23. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O. The analysis of efficiency of carrying out on-tokootklonyayushchikh technologies on the Vyngapurovsky oil-gas condensate field // the oil Engineer. – M. : LLC Ai Dee Es Drilling publishing house, 2017. – No. 4. – P. 16–20.

24. Aushev M.R., Savenok O.V. The choice and justification of technology of maintenance of reservoir pressure at operation of wells on the site East Moldabek of the field Kenbay // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 4. – P. 298–316.

25. Characteristic of the Priobskoye field, methods of his development. – URL : http://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65625b3bd78b4d43b88421316c27_0.html

УДК 621

НАЧАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С ВНУТРЕННИМ ВХОДОМ

THE INITIAL MECHANISMS WITH INTERNAL ACCESS

Пережогин Леонид Анатольевич

кандидат технических наук, доцент,
доцент 105 кафедры механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Коханий Андрей Федорович

старший преподаватель
105 кафедры механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Терехов Владимир Валерьевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий 105 кафедрой механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Божко Сергей Владимирович

кандидат технических наук, профессор,
профессор 105 кафедры механики,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Аннотация. Рассмотрены особенности структурного анализа одноподвижных замкнутых механизмов с внутренними входами. Приведены варианты компоновки структурных групп с подвижностью $W = -1$. Предложен подход для структурного анализа одноподвижных механизмов, включающих структурные группы с $W = -1$ и группы Ассура.

Ключевые слова: начальный механизм, кинематическая пара, звено, узел, кинематические цепи, одноподвижный механизм.

Perechegin Leonid Anatolich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor
of the 105th department of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Kochanij Andrej Fedorovich

Senior teacher
105 departments of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Terekhov Vladimir Valerevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor
of the 105th department of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Bozhko Sergey Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences,
professor, professor of the 105th
department of mechanics,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Annotation. The features of structural analysis of single-movement closed mechanisms with internal inputs are considered. The following is the layout options structure groups with the mobility of $W = -1$. An approach for the structural analysis of single-movement mechanisms including structural groups with $W = -1$ and Assur groups is proposed.

Keywords: initial mechanism, kinematic pair, link, node, kinematic chain, single-moving mechanism.

При структурном анализе плоских механизмов, в соответствии с принципом их образования по Ассуру, механизм расчленяют на начальный механизм с подвижностью $W = 1$, и группы звеньев, подвижность W которых, после присоединения их свободных кинематических пар к стойке, равна нулю [1]. Такие кинематические цепи с нулевой степенью подвижности называют группами Ассура.

Подвижность плоских механизмов (как механизма в целом, так и любой выделенной группы звеньев) определяют по формуле Чебышева:

$$W = 3n' - 2p_1 - p_2. \quad (1)$$

где n' – число подвижных звеньев механизма (без стойки); p_2 – количество двух подвижных кинематических пар; p_1 – количество одноподвижных кинематических пар.

Поскольку начальный механизм, рассматриваемый как группа звеньев, включает в себя стойку и одно подвижное (ведущее) звено, присоединенное к стойке одноподвижной кинематической парой (рис. 1, а, б), то в начальном механизме $n' = 1$, $p_5 = 1$, $p_4 = 0$, и его подвижность, вычисленная по формуле Чебышева, будет равна:

$$W_{нач} = 3n' - 2p_5 - p_4 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1. \quad (2)$$



Рисунок 1 – Начальные механизмы 1-го и 2-го видов

Начальные механизмы с $W_{нач} = 1$ называют механизмами первого класса и разделяют на два вида: вращательные (1-го вида) и поступательные (2-го вида).

По определению, назначением любого механизма является преобразование заданного закона движения входного звена в требуемое движение выходного. Чтобы такое преобразование было строго однозначным, плоский механизм должен иметь степень подвижности $W_{мех} = 1$. Исходя из этого, при определении степени подвижности механизма в целом можно руководствоваться соотношением:

$$W_{мех} = W_{нач} + \sum W_{зв} . \quad (3)$$

Если все присоединяемые к механизму структурные группы звеньев являются группами Ассур (а любая группа Ассур имеет нулевую подвижность), то, поскольку, $\sum W_{зв} = 0$, из (3) получим: $W_{мех} = W_{нач}$.

В этой формуле подразумевается, что начальный механизм должен иметь подвижность $W_{нач} = 1$.

Однако в технике применяются и такие механизмы, в которых не удается вычлнить управляющее звено, являющееся в точном смысле классическим начальным механизмом с подвижностью $W_{нач} = 1$.

Простейшим примером такого механизма является используемый в авиации гидравлический механизм управления элеронами. Схематично он изображен на рис. 2.

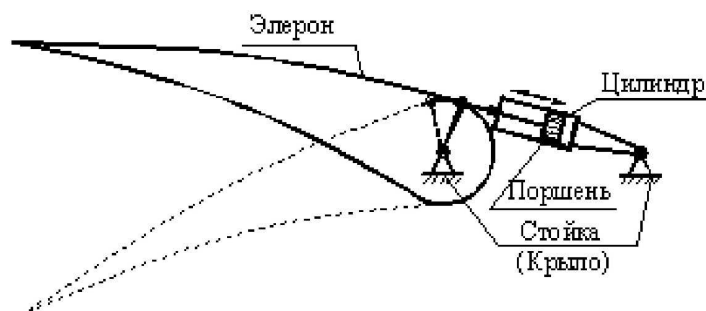


Рисунок 2 – Механизм управления элеронами

Структурную схему этого механизма можно представить в двух вариантах (рис. 3). На схеме а) явно показано, что поступательная пара образована цилиндром и поршнем, а на схеме б) эта поступательная кинематическая пара показана в классическом, общепринятом варианте [1].

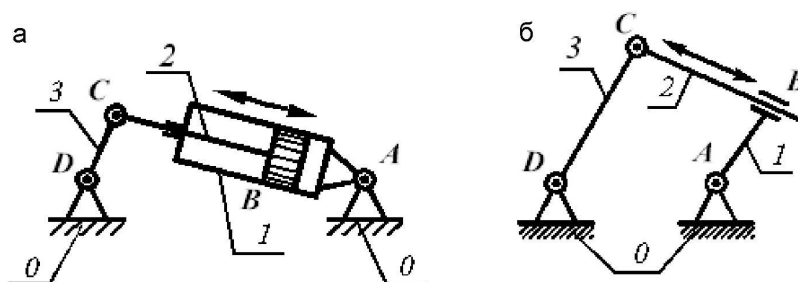


Рисунок 3 – Варианты представления кинематической схемы механизма управления элеронами

Данный механизм включает стойку 0, три подвижных звена 1, 2, 3 (два коромысла 1 и 3 и шатун 2) и четыре одноподвижные кинематические пары (три вращательных A , C и D и одну поступательную – B). Степень подвижности этого механизма, определяемая по формуле Чебышева, будет равна: $W_{мех} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$.

Выполняя структурный анализ классической схемы б) в ней можно вычленить группу Ассура II класса, второго вида, 2-го порядка и начальный (вращательный) механизм первого вида, что показано на рисунке 4.

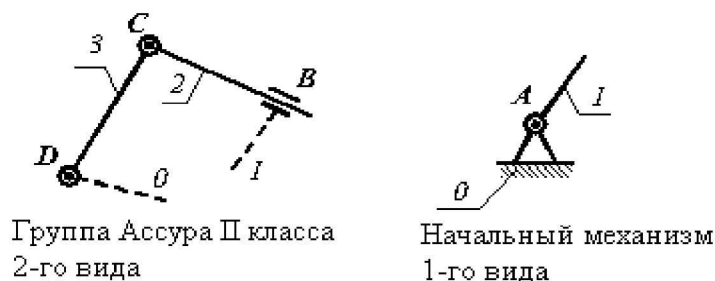


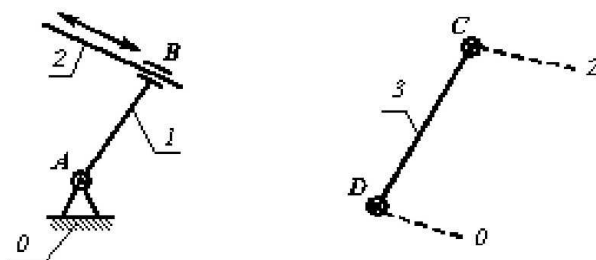
Рисунок 4 – Механизм, расчлененный на группу Ассура и начальный механизм

Однако такое, теоретически безупречное, расчленение механизма на группу Ассура с $W_{Асс} = 0$ и начальный механизм первого вида с $W_{нач} = 1$ в реальности невозможно, поскольку звенья 1 и 2 составляют неразделяемый узел – цилиндр с поршнем.

Таким же неразделяемым узлом будет, например, линейный электродвигатель, в котором якорь совершает возвратно-поступательные движения относительно статора.

Когда для привода механизмов используются подобные узлы с управляющим поступательным движением, то выделить в них классический одноподвижный начальный механизм не представляется возможным. Такие механизмы называют механизмами с внутренним входом [3]. Если одно из звеньев приводного узла с поступательным движением присоединено непосредственно к стойке механизма, а второе – к другим звеньям, составляющим механизм, то такой приводной узел можно назвать начальным механизмом с внутренним входом. Он может быть присоединен к стойке как вращательной, так и поступательной кинематической парой.

Возвращаясь к рассматриваемому примеру механизма управления элеронами видим, что единственно возможным, соответствующий реальности, способом его расчленения является отделение от него начального механизма с внутренним входом, состоящего из звеньев 1 и 2, и оставшееся звено 3, что и показано на рисунке 5.



Начальный механизм с внутренним входом

Отделенное от исходного механизма звено 3

Рисунок 5 – Механизм, расчлененный на начальный механизм с внутренним входом и отдельное звено

Оценивая степень подвижности отделенных групп звеньев получим:

– для начального механизма с внутренним входом:

$$W_{нач} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 = 2;$$

– для отдельно взятого звена 3:

$$W_{зв} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 2 = -1.$$

Степень подвижности всего механизма по (3) будет равна:

$$W_{\text{мех}} = W_{\text{нач}} + \sum W_{\text{зв}} = 2 + (-1) = 1,$$

где $\sum W_{\text{зв}}$ – суммарная подвижность звеньев, присоединяемых к начальному звену.

Поскольку основным условием работоспособности механизма является значение $W_{\text{мех}}=1$, то, если у начального механизма $W_{\text{нач}} = 2$, суммарная подвижность всех присоединяемых к нему кинематических цепей должна иметь значение $\sum W_{\text{зв}} = -1$.

Полагая, что в механизме, отделенном от первичного звена с внутренним входом, нет двухподвижных кинематических пар (т.е. что $p_2 = 0$), а подвижность всех присоединенных к такому начальному звену групп звеньев $\sum W_{\text{зв}} = -1$, то, применив формулу Чебышева, получим уравнение для любой кинематической цепи с подвижностью $W = -1$, связывающее число входящих в нее подвижных звеньев n' и число одноподвижных кинематических пар p_1 : $3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 = -1$.

Это уравнение удовлетворяется для ряда пар значений параметров n' и p_1 : $n' = 1, p_1 = 2$; $n' = 3, p_1 = 5$; $n' = 5, p_1 = 8$ и т.д.

Любая кинематическая цепь, один из поводков которой будет присоединен к начальному звену с внутренним входом, а остальные – к стойке, удовлетворяющая приведенным парам значений n' и p_1 , образует полноценный одноподвижный механизм.

Варианты кинематических цепей с вращательными кинематическими парами, имеющие подвижность $W = -1$, приведены на рисунке 6.

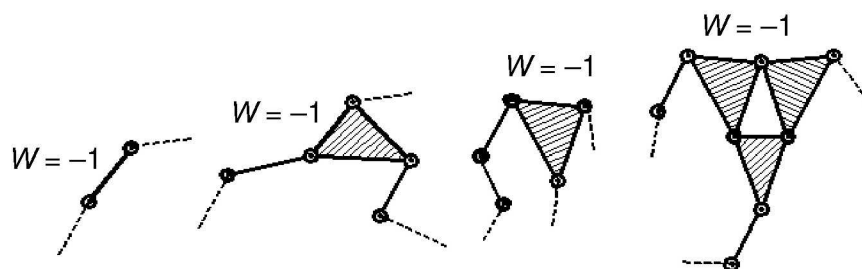


Рисунок 6 – Кинематические цепи с подвижностью $W = -1$

В реальном механизме к таким кинематическим цепям при необходимости могут быть присоединены и группы Ассура.

Для примера выполним структурный анализ механизма, приведенного на рисунке 7.

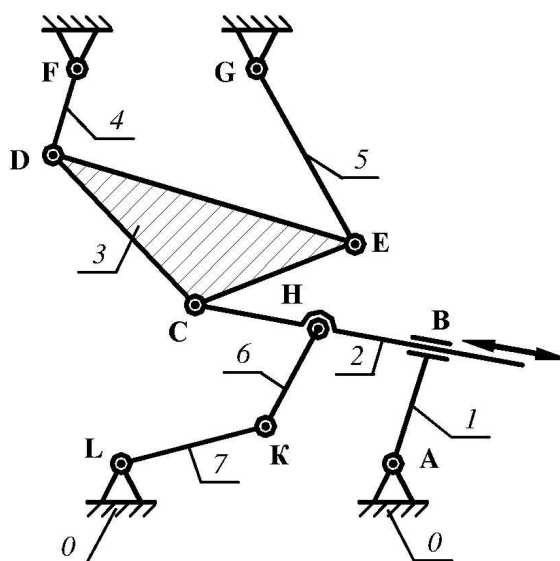


Рисунок 7 – Механизм с внутренним входом

Этот механизм включает 7 подвижных звеньев, обозначенных на кинематической схеме цифрами от 1 до 7 и 10 неподвижных кинематических пар $A \dots L$, из которых одна (B) поступательная, а 9 – вращательные. Оценивая по формуле Чебышева степень подвижности такого механизма, получим: $W_{мех} = 3 \cdot n' - 2 \cdot p_1 - p_2 - 2 \cdot p_5 = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 = 1$, что свидетельствует об однозначности работы механизма, т.е. о соответствии любого положения входного звена определенным положениям всех остальных подвижных звеньев.

Стрелки на схеме показывают, что работой этого механизма управляет звено 2, совершая возвратно поступательные движения относительно звена 1, присоединенного неподвижной вращательной кинематической парой к стойке. Из этого следует, что группа звеньев 1 и 2 составляет начальное звено с внутренним входом.

Поэтому при структурном анализе данного механизма необходимо, в первую очередь, отделить начальный механизм, состоящий из звеньев 1 и 2, который имеет подвижность $W = 2$ (рис. 8).

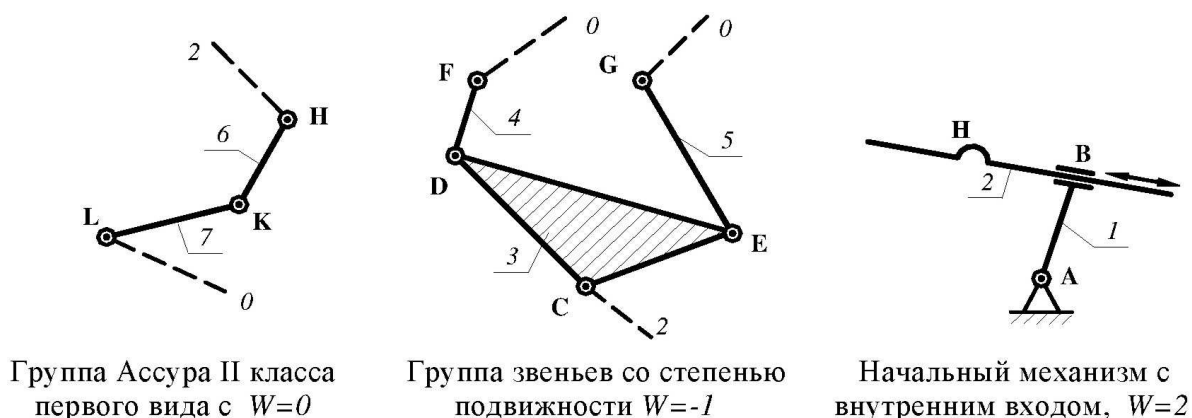


Рисунок 8 – Механизм с отделенными от него структурными группами

После этого схема распадется на две группы звеньев. Группу, состоящую из звеньев 3, 4, 5, имеющую подвижность $W = -1$ и на группу из звеньев 6, 7, являющуюся группой Ассур второго класса первого вида, подвижность которой равна нулю. При этом подвижность механизма в целом, по (3), равна: $W_{мех} = W_{нач} + \sum W_{зв} = 2 + (-1) + 0 = 1$.

Рассмотренный прием структурного анализа можно считать приемлемым для изучения механизмов, имеющих первичные механизмы с внутренним входом, которые все шире применяются в технике [2, 4], постепенно занимая в ней лидирующее положение.

Литература:

1. Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин. – М. : Наука, 1975.
2. Крайнев А.Ф., Глазунов В.А. Новые механизмы относительного манипулирования // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1994. – № 5. – С. 106.
3. Семенов Ю.А. Применение машин и механизмов с внутренними входами // Теория механизмов и машин. – 2003. – С. 30.
4. Егоров О.Д. Конструирование механизмов роботов : учебник. – М. : ИЦ МГТУ «Станки», 2008.

References:

1. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines. – M. : Science, 1975.
2. Krainev A.F., Glazunov V.A. New relative manipulation mechanisms / Problems of mechanical engineering and reliability of machines. – 1994. – № 5. – P. 106.
3. Semenov Y.A. The use of machines and mechanisms with internal inputs // Theory of mechanisms and machines. – 2003. – P. 30.
4. Egorov O.D. design of mechanisms of robots : textbook. – M. : IC MSTU «Stankin», 2008.

УДК 621.891: 622.67

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРЕНИЯ ПАР МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР

STUDY OF THERMOMECHANICAL PROPERTIES OF METAL-POLYMER FRICTION PAIRS

Юсубов Фикрет Фахраддин

аспирант,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
fikratyusub@gmail.com

Аннотация. В этой работе рассматривались трибологические характеристики различных типов материалов, используемые в тормозной колодке буровой установки. Также были изучены механизмы термомеханического износа и трения в системе металл-полимерный.

Ключевые слова: буровая установка, тормозные колодки, полимеры, трение, износ, тепловой режим.

Yusubov Fikrat Fakhraddin

Graduate student,
Azerbaijan State Oil and Industry University
fikratyusub@gmail.com

Annotation. In this research tribological characteristics of different materials for drilling rigs brake pads has been investigated. The mechanisms of thermomechanical wear and friction in the metal-polymer system also studied.

Keywords: drilling rig, brake pads, polymers, friction, wear, thermal regime.

Анализ неисправности конструкций и установок нефтепромыслового оборудования показал что, большинство материальных узлов имеют изменения в рабочих характеристиках в результате их износа. Эксплуатационные свойства деталей машин в значительной степени зависят от состояния их поверхностей [1].

Было установлено, что в 85–90 % машин и оборудования вышедших из строя из-за износа поверхностей трения, а остальные 10–15 % происходит за счет процессов таких, как разрушение, разлом и т.д. [2]. Учитывая это, изучение процесса трения является важным для промышленности .

Современные буровые установки подвергаются износу и разрушению под воздействием высоких температур в процессе трения [3]. Колличество бурильных колон, используемых во время спуска и подъема способствует разрушению и износу оборудованию из-за резкого повышения температуры (рис. 1).



Рисунок 1 – Изменение температуры на поверхности трения в зависимости от количества бурильных колон [4]

Выделение тепла (образующееся) в процессе спуска и подъема, приводит к изнашиванию тормозной ленты и колодки. Производительность тормозной системы влияет на безопасность, эффективность, качество и все другие показатели качества [5].

Высокие показатели статического момента во время бурения приводит к перегреву тормозного диска. Благодаря выделению тепла, поверхность трения диска начинает нагреваться.

Тормозная колодка наиболее подвергается износу. Поскольку продуктивность буровой установки обычно оценивается по тормозной системе [6]. Любая незначительная неисправность тормозной системы замедляет процесс бурения в целом. По этой причине оценка замедления процесса бурения имеет особое значение с точки зрения поиска решений существующих недостатков.

В процессе бурения технические характеристики тормозной системы должны соответствовать максимальным требованиям для регулировки нагрузки и скорости бурения, в зависимости от короткой или долгосрочной подвески в процессе торможения. Данные технические требования являются основой работы тормозной системы [7].

Тормозная система используемая в бурильных установках имеет ряд недостатков. Хотя ранее коэффициент трения феррадоновой тормозной колодки составлял $\mu = 0,3-0,35$; позже данная характеристика была улучшена до $\mu = 0,4-0,5$. Этому способствовало использование тормозной колодки, полученной из азбеста особым методом. Таким образом тормозная работа была улучшена. Наиболее распространённым фрикционным материалом является Ретинакс Б (ФК-24А), который изготовлен на основе азбеста [8].

В основе материала ретинакс лежит олигомер фенолформальдегида, барит, азбест а также бронзовая проволока в качестве дополнения. Высокие показатели износо- и термостойкости во время трения гарантируют, что данный материал работает в условиях интенсивной работы в тяжелых условиях. Модифицированный «В» широко используется в буровых установках и различных фрикционных узлах, поскольку он способен работать при температурах до 700 °С.

В таблице 1, представлены изменения элементного состава произошедшие в результате износа материала Ретинакс (В). В дополнение к ядовитости ингредиентов для человеческого организма, высокотемпературные условия работы тормозной колодки, способствует к частым перегреваниям, что приводит к преждевременному повреждению материала, а также замедлению рабочего процесса и снижению производительности.

Таблица 1 – Состав элементов материала FK 24A до износа (a) и после износа (b)

a)

Элементы	Концентрация атомов	Весовая концентрация	Оксиды	Стехиометрическая концентрация
O	78,13 %	67,53 %		
Si	20,65 %	31,33 %	Si	96,51 %
Mg	0,51 %	0,68 %	Mg	2,08 %
C	0,70 %	0,46 %	C	1,41 %

b)

O	67,31 %	44,41 %		
Fe	8,66 %	19,93 %	Fe	35,09 %
Ba	1,82 %	10,32 %	BaO	20,28 %
Mg	9,91 %	9,93 %	Mg	17,49 %
Si	7,51 %	8,70 %	Si	15,32 %
Zn	1,06 %	2,85 %	Zn	5,03 %
S	2,03 %	2,68 %	S	4,73 %
Al	0,54 %	0,60 %	Al	1,07 %
C	1,15 %	0,57 %	C	1,00 %

Примечание: Анализы проводились на электронном микроскопе PhenomXL

Повышение удельного давления, температуры тормоза и заряда энергии требуют более высоких показателей износо- и термостойкости. Таким образом, при подготовке тормозной колодки и диска в процессе торможения, важнейшими условиями являются превосходная степень стойкости к трению, износу и температуре.

В последние годы в промышленности используются различные типы фрикционных материалов на основе новых технологий. В таблице 2 представлены некоторые данные по удельному весу и рабочей температуре (поверхности трения и объемной температуре – ТА и ТН) используемых в различных направлениях. Как видно из таблицы, наличие азбеста в составе, поднимает триботехнические показатели. Несмотря на разнообразие в составе, экспериментальным путем были изучены свойства многих известных элементных комбинаций. В нашем исследовании, с точки зрения состава, особое внимание уделялось поведению трения и износа фрикционных пар.

Таблица 2 – Триботехническая характеристика различных фрикционных материалов [9]

Параметры	6КХ-1	7КФ-31	Ретинакс ФК-16Л	Ретинакс ФК-24А	6КФ-32	6КФ-38
Коэффициент трения	0,4–0,6	0,36–0,34	0,37–0,4	0,33–0,38	0,4–0,45	0,38–0,42
износ в мм за 2 ч.	0,14–0,20	0,06–0,10	0,1–0,15	0,06–0,10	0,11–0,16	0,1–0,14

В настоящее время поверхностные покрытия успешно применяются в различных промышленных установках, но не широко распространены в системах с высоким трением. При изучении поведения трения и износа тормозного диска с тормозной колодкой на основе стали с предварительным нанесением Si, Mo, W, V и Nb, с целью улучшения свойств и стойкости к окислению, было выявлено, что высокое содержание углерода уменьшает уровень износа и металлический контакт пар. Кроме того, была определена стабильность коэффициента трения в этих материалах.

В течении испытаний было определено, что степень изнашивания поверхности тормозной колодки динамически зависима от способа формирования, отклеивания и восстановления.

В дополнение, образование трещин, протекание окислительных процессов и карбогенизации органических веществ при термическом воздействии, а так же реакции циклизации органических веществ ускоряет процесс износа тормозной колодки. А в течении процесса трения, образующиеся поры и трещины на поверхности контактных материалов, в конечном итоге приводит к усталому изнашиванию тормозной колодки [10].

В начале процесса износа, температура трения на верхней поверхности уменьшается. Износ поверхности между тормозным диском и тормозной колодкой является более абразивным. Твердые частицы области поверхности трения колодки приводит к образованию трещин на верхней поверхности тормозного диска. Твердые вершины поверхности трения тормозного диска также царапают тонкую поверхность колодки тормоза.

По мере увеличения температуры трения тормозной колодки поверхность становится хрупкой и расширяется; абразивное расширение становится интенсивным и абразивные частицы затрудняют перемешивание. Кроме того, относительная температура в центральной части фрикционного слоя не наклонена к области затвердевания оксидационных стальных волокон, что в свою очередь приводит к образованию окислительного слоя.

Во время износа при высокой температуре, можно обнаружить четкие отрывные и пластиковые следы потока, возникающие в результате трения на поверхности. В течение этого периода способность к разрыву ослабляет и усиливает адгезию. В то же время структура поверхности трения зависит от высокой температуры трения и пиролиза абразивного порошка. Эта форма генерирует большую гибридную поверхностную энергию, которая не только опирается на поверхность тормозного диска, но также прилипает к поверхности тормоза и начинает формировать поверхность верхнего слоя. В условиях высоких температур материал тормозной колодки:

- проявляет стойкость к разложению;
- истощение ингредиентов из-за адгезионных потерь усиливается;
- органические волокна превращаются в полужидкие, что приводит к образованию царапин, распад, карбонизации и окислению органического вещества.

На этом этапе воздействие верхней поверхности тормозной колодки вызвано большим адгезионным распределением.

Разрушение поверхностей трения обычно определяется как разделение частиц до микрометров. Разделение таких частиц происходит в результате большого количества воздействий нагрузок, температурных импульсов на неровную поверхность. Малая часть кинетической энергии, генерируемой во время процесса, преобразуется в эластичную деформацию движущихся элементов, а основная часть, преобразуется в теплообменную между тормозными элементами. Когда напряжение достигает уровня усталости, на контактной поверхности появляется трещины [11, 12].

Повышение температуры трения влияет не только на усталость, но и на коэффициент трения (рис. 2).

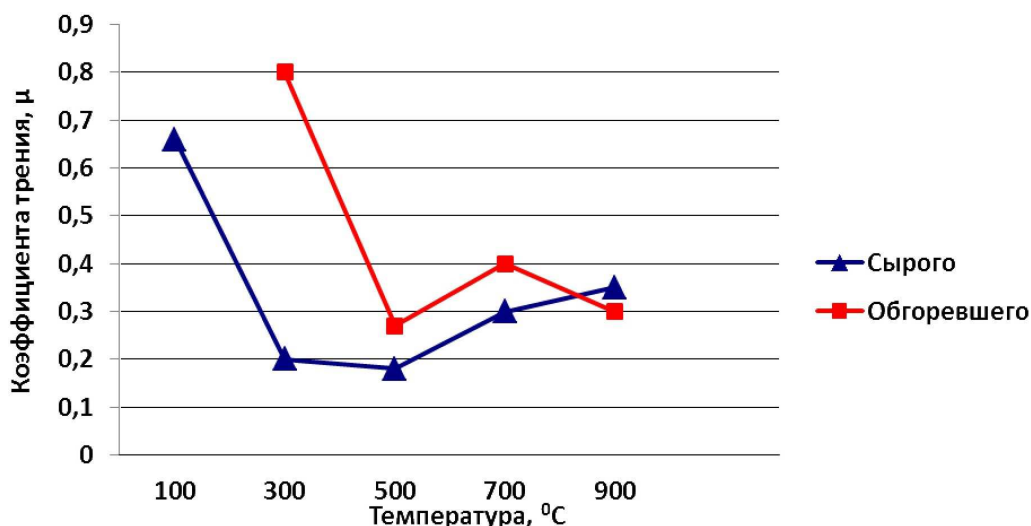


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения от температуры материала Ретинакс ФК-24А: сырого и обгоревшего по чугуну [13]

Со временем трещины образовавшиеся под воздействием высоких температур расширяются, что в результате приводит к возникновению усталых трещин [14].

Из-за больших и частых перемен в процессе нагревания-остывания, размеры микротрещин увеличиваются и достигают размеров макротрещин. Это же и приводит к деструкции колодки [15].

Во время изучения поведения трения при тепловом режиме, механизм изнашивания и разрушения еще раз доказывают, что важнейшими свойствами фрикционных материалов являются: долговечность, стабильность коэффициента трения и высокие показатели износостойкости.

Вывод

Изучение процесса трения и износа показало, что в металл-полимерных парах существуют различные механизмы термомеханического износа. Исследования показали, что основным фактором термомеханического изнашивания характеризуется высокими пределами термического цикла.

Литература:

1. Нарва В.К. Технология порошковых материалов и изделий. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2012. – 171 с.
2. Zahid Kərimov, Maşın hissələrinin uzunömürlüüyü, Bakı, Elm, 2009. – səh. 114.
3. S. Zhang, H. Zhao. An Experimental Study on the Mechanism of Material Transfer in Friction Couple: Asbestos-Reinforced Friction Material-Steel, Tribology Series, Vol.21, Elsevier Science Publishers, 1992. – p. 477–482.
4. Adrian Cătălin Drumeanu, Niculae Napoleon Antonescu, The Drilling Drawworks Band Brakes Thermal Regime, The Annals Of University «Dunărea De Jos» Of Galați Fascicle VIII, Tribology, 2006. – pp.147–152.

5. Məmmədov V.T., Mirzəyev O.H., Neft mədən texnikasının təmiri və bərpaası, Bakı: ADNA nəşri, 2012. – 302 səh.
6. Крагельский И.В., Трение и износ. – М. : Машиностроение, 1968. – Изд. 2-е перераб. и доп. – 430 с.
7. Ripeanu R.G., Ispas V., Ispas D. Tribological behavior of brake bands // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2012. – Vol. 18 (1). – P. 28–35.
8. Axundov B., Qazma maşın və mexanizmləri, Elm nəşriyyatı, Bakı, 1964. – 256 səh.
9. Крагельский И.В. Трение и износ. – М. : Машиностроение, 1968. – 2-е изд. – 430 с.
10. Xinhua Wang, Simin Wang, Siwei Zhang, Deguo Wang, Wear mechanism of disc-brake block material for new type of drilling rig. – Front. Mech. Eng. China : Higher Education Press and Springer-Verlag, 2008. – Vol.3 (1). – P. 10–16.
11. Ling F.F., Pan C.H.T. Proceedings of the Workshop on the Use of Surface Deformation Models to Predict Tribology Behavior. – Columbia University in the City of New York, 1986. – 5 p.
12. Александров М.П., Тормозные устройства в машиностроении. – М. : Издательство Машиностроение, 1965. – 676 с.
13. Детали машин. Расчет и конструирование : Справочник / под ред. Н.С. Ачеркана. – М. : Машиностроение, 1968. – Т. 1. – 440 с.
14. Drumeanu A.C., Ripeanu R.G. Metallic element design of tribo-thermal stressed dry friction couples // Journal Of The Balkan Tribological Association. – 2010. – Vol. 16. – № 3. – P. 362–372.
15. Zhang Siwei, Wang Xinhua, Fan Qiyun & Lin Li, Investigation of the tribological performance of friction pair for disc brake of drilling rig. – Science in China (Series A), 2001. – P. 253–258.

References:

1. Narva B.K. Technology of powder materials and products. – М. : Prod. House of MISIS, 2012. – 171 p.
2. Zahid Kərimov, Maşın hissələrinin uzunömürlüyü, Bakı, Elm, 2009. – səh. 114.
3. S. Zhang, H. Zhao. An Experimental Study on the Mechanism of Material Transfer in Friction Couple: Asbestos-Reinforced Friction Material-Steel, Tribology Series, Vol.21, Elsevier Science Publishers, 1992. – p. 477–482.
4. Adrian Cătălin Drumeanu, Nicolae Napoleon Antonescu, The Drilling Drawworks Band Brakes Thermal Regime, The Annals Of University «Dunărea De Jos» Of Galați Fascicle Viii, Tribology, 2006. – pp.147–152.
5. Məmmədov V.T., Mirzəyev O.H., Neft mədən texnikasının təmiri və bərpaası, Bakı: ADNA nəşri, 2012. – 302 səh.
6. Kragelsky I.V., Friction and wear. – М. : Mechanical engineering, 1968. – Prod. 2nd res-lave. and additional – 430 p.
7. Ripeanu R.G., Ispas V., Ispas D. Tribological behavior of brake bands // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2012. – Vol. 18 (1). – P. 28–35.
8. Axundov B., Qazma maşın və mexanizmləri, Elm nəşriyyatı, Bakı, 1964. – 256 səh.
9. Kragelsky I.V. Friction and wear. – М. : Mechanical engineering, 1968. – 2nd prod. – 430 p.
10. Xinhua Wang, Simin Wang, Siwei Zhang, Deguo Wang, Wear mechanism of disc-brake block material for new type of drilling rig. – Front. Mech. Eng. China : Higher Education Press and Springer-Verlag, 2008. – Vol.3 (1). – P. 10–16.
11. Ling F.F., Pan C.H.T. Proceedings of the Workshop on the Use of Surface Deformation Models to Predict Tribology Behavior. – Columbia University in the City of New York, 1986. – 5 p.
12. Alexandrov L.S., Brake mechanisms in mechanical engineering. – М. : Mechanical engineering publishing house, 1965. – 676 p.
13. Details of cars. Calculation and designing : The reference book / under the editorship of N.S. Acherkan. – М. : Mechanical engineering, 1968. – Т. 1. – 440 p.
14. Drumeanu A.C., Ripeanu R.G. Metallic element design of tribo-thermal stressed dry friction couples // Journal Of The Balkan Tribological Association. – 2010. – Vol. 16. – № 3. – P. 362–372.
15. Zhang Siwei, Wang Xinhua, Fan Qiyun & Lin Li, Investigation of the tribological performance of friction pair for disc brake of drilling rig. – Science in China (Series A), 2001. – P. 253–258.

УДК 656.073

ИССЛЕДОВАНИЕ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗОВ

STUDY OF ROUTING OF VEHICLES WITH RESTRICTIONS ON THE TRANSPORTATION OF GOODS

Богоявленская О.И.

Кубанский государственный
технологический университет

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный
технологический университет

Надирян София Леоновна

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы исследования маршрутизации транспортных средств с ограничениями на перевозку грузов. Маршрутизация перевозок – это наиболее совершенный способ организации материалопотоков грузов с предприятий оптовой торговли, оказывающий существенное влияние на ускорение оборота автомобиля при рациональном и эффективном его использовании.

Ключевые слова: маршрутизация перевозок, загрузка, разгрузка, автомобильный транспорт, транспортировка, управление перевозками, автомобильный транспорт.

Bogoyavlenskaya O.I.

Kuban state technological university

Konovалova T.V.

Kuban state technological university

Nadiryan Sofia Levonovna

Kuban state technological university
sofi008008@yandex.ru

Annotation. The article deals with the study of the routing of vehicles with restrictions on the transport of goods. Routing of transportation is the most perfect way to organize the material flows of goods from the wholesale trade enterprises, which has a significant impact on the acceleration of the vehicle turnover with rational and efficient use.

Keywords: routing of transport, loading, unloading, road transport, transportation, transportation management, road transport.

Маршрутизация перевозок – это наиболее совершенный способ организации материалопотоков грузов с предприятий оптовой торговли, оказывающий существенное влияние на ускорение оборота автомобиля при рациональном и эффективном его использовании [1, 2].

Создание маршрутов позволяет точно определять объем перевозок грузов со снабженческо-сбытовых предприятий, количество автомобилей, осуществляющих эти перевозки, способствует сокращению простоя автомобилей под загрузкой и разгрузкой, эффективному использованию подвижного состава и высвобождению из сфер обращения значительных материальных ресурсов потребителей.

Элементы маршрута:

- длина маршрута;
- оборот ТС – законченный цикл движения;
- ездка – цикл транспортного процесса.

Виды маршрутов:

- Маятниковые – путь следования ТС между двумя грузопунктами неоднократно повторяется.
- Кольцевой – маршрут движения ТС по замкнутому контуру соединяющего несколько грузопунктов:
 - а) развозочный – продукция загружается у одного поставщика и развозится несколькими потребителям;
 - б) сборный – продукция загружается у нескольких поставщиков и доставляется одному потребителю;
 - в) сборно-развозочный маршрут.

Маршрутизация позволяет повысить производительность автомобилей при одновременном снижении количества подвижного состава, поступающего на предприятие при том же объеме перевозок [3, 4].

Если маршруты созданы, определены и соблюдаются сроки поставки, то производственные запасы потребителей могут сокращаться в 1,5–2 раза, снижая тем самым затраты на складирование.

Необходимость маршрутизации перевозок грузов обосновывается еще и тем, что маршруты дают возможность составления проектов текущих планов и оперативных заявок на транспорт, исходящих из действительных объемов перевозок.

Таким образом, разработка обоснованных маршрутов и проектов планов перевозок будут способствовать своевременному и бесперебойному выполнению поставок продукции и эффективному взаимодействию снабсбытовых и автотранспортных организаций.

Для разработки маршрутов используют экономические и математические методы, методы сетевого планирования, практические материалы и иные источники.

Методы маршрутизации перевозок делятся на маршрутизацию перевозок помашинных отправок и маршрутизацию перевозок мелких партий грузов, а в зависимости от использования математического аппарата они делятся на методы, основанные на моделях математического программирования, и на методы, основанные на алгоритмах задач теории расписаний. Для разработки маршрутов используют экономические и математические методы, методы сетевого планирования, практические материалы и иные источники. Конечным результатом должен стать документ, характеризующий согласованный график работы сбытовых, транспортных организаций и предприятий [5, 7].

Современные экономико-математические методы планирования являются средством, дающим основу для решения многих трудных проблем планирования и управления. Применение информационных технологий позволяет осуществлять расчеты по составлению оптимальных планов, выбирая наилучший вариант из огромного числа возможных.

При составлении графика доставки необходимо учитывать следующие условия:

- наличие необходимой продукции на складских комплексах, предприятиях оптовой торговли;

- наличие транспортных средств для обслуживания складского комплекса, предприятий оптовой торговли с учетом перевозимой продукции и средней загрузки автомобиля; расчет должен быть произведен не только на ходовое количество транспортных средств, а и на запас в случае поломок и других обстоятельств;

- потребители продукции должны обеспечивать своевременный прием продукции и разгрузочные работы.

С практической точки зрения, действия должны выглядеть следующим образом.

Производится анализ использования транспортных средств, обслуживающих предприятие. Здесь необходимо:

- определить динамику изменения объема перевозок и удельный вес перевозок;
- проанализировать технико-эксплуатационные показатели работы автотранспорта при перевозке продукции;

- определить неравномерность вывоза и ввоза продукции на складской комплекс за определенный период времени (квартал, месяц);

- определить возможности по погрузочным работам на складском комплексе и выгрузочным у потребителя.

Определяются потребители продукции, здесь необходимо выделить постоянных потребителей, сезонных и временных. Составляется карточка потребителя, в которую заносятся его данные.

Определяется суточный объем поставок продукции. Суточная поставка определяется путем деления годовой потребности потребителей на число дней в году. После этого полученные данные согласовываются с потребителями.

Составляется карта дислокации потребителей, предприятий оптовой торговли и автотранспортных предприятий. Этот этап выполняется с помощью карты города, на которую наносятся координаты потребителей продукции, предприятие оптовой торговли и обслуживающее его автотранспортное предприятие [1, 7].

Определяются расстояния перевозки груза (с предприятия до потребителей). После нанесения на карту дислокации потребителей, предприятия оптовой торговли и

автотранспортного предприятия, определяются расстояния перевозки с базы и складов потребителей. Обосновывается среднее расстояние перевозки продукции с предприятий оптовой торговли к потребителю.

Группируются потребители по направлениям и величине поставок. Группировка по направлениям дает возможность определить грузопотоки в различные районы города. Объемы перевозок в различные районы определяются составлением картограмм.

Обоснование и выбор типа подвижного состава для перевозки продукции. Выбору типа подвижного состава должен предшествовать тщательный анализ характера и условий перевозок. В данном случае цель мероприятия – обеспечение полного и качественного удовлетворения нужд фирм и снабженческо-сбытовых организаций в перевозках при наиболее эффективном типе подвижного состава.

Рассчитывается рациональный маршрут. Здесь необходимо сделать выбор в пользу маятниковой или кольцевой схемы движения.

Составляются согласованные графики доставки продукции потребителям и разрабатываются показатели экономического стимулирования работников, участвующих в транспортном процессе.

Математическая постановка задачи маршрутизации зависит от типа маршрута.

Одной из самых распространенных задач маршрутизации является задача коммивояжера. Существует множество математических методов нахождения как точного так и приближенного решения данной задачи.

Среди точных методов наибольшее распространение получил метод «ветвей и границ». Среди приближенных метод Кларка-Райта. Он основан на понятии «выгоды» от объединения двух маятниковых маршрутов в один кольцевой.

Для упрощения перевозок с ограничениями, транспортная компания может воспользоваться услугами компании специализирующейся на перевозках груза с ограничениями. Для примера рассмотрим компанию GlobalPost.

Компания GlobalPost осуществляет деятельность в сфере перевозок крупногабаритных грузов с 1992 года и по сей день. Она обладает собственным автопарком, поэтому предлагает лучшие цены для клиентов, а также лично несёт ответственность за багаж.

Стоимость формируется исходя из следующих параметров:

- веса товара;
- расстояния между пунктами отправления и назначения;
- размеров.

Обращаясь в транспортную компанию GlobalPost, клиенты могут быть уверены в сохранности и безопасности грузов, а также в их защите от всех возможных повреждений. Опытные логисты разрабатывают оптимальный маршрут для каждого заказа, делая его максимально коротким и недорогим.

Доставляя крупногабаритный товар, компания использует специальное грузовое автотранспортное средство, водитель которого получает особое разрешение из ГИБДД. Оно выдаётся на один рейс или несколько, но их количество не превышает 10.

При разработке маршрута учитываются населённые пункты и возможности их объезда. Во внимание также принимаются:

- линии электропередач;
- наличие мостов и туннелей;
- загруженность трассы.

Всю подготовку документации GlobalPost берёт на себя, как и организацию сопровождения ценного товара. Поэтому клиенты всегда спокойны за груз, который доставляется в целостности и сохранности. Особенно это необходимо, если транспортируется товар длиной более 24 метров и шириной в 4. После завершения разработки и утверждения маршрута перевозка осуществляется строго по нему. Отклонения запрещены, поскольку параметры других трасс могут не соответствовать грузу.

Правильная организация транспортировки – заслуга сотрудников компании, ведь именно они выбирают транспортное средство или контейнер, утверждают схемы крепления и составляют маршрут, продумывают погрузку и разгрузку в определённом порядке [2, 4].

Но например крупные розничные сети магазинов осуществляющие доставку товара до торговых объектов могут столкнуться с такими ограничениями на перевозку грузов: необходимость использования малоформатного транспорта из-за территориальных особенностей к местам доставки или недостаточно оборудованные подъездные пути, стационарные пункты весового контроля, отсутствие категории «Е» у водительского состава для осуществления доставки автомобилем с прицепом, наличие пунктов весового контроля на маршруте следования автомобиля, наличие платных дорог, либо ограничение на въезд (например транспортные кольца в г. Москва).

Литература:

1. Буланова М.Д., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Парневая А.И. Размещение объектов транспортной инфраструктуры при развитии маршрутной сети городского пассажирского транспорта : сборник: Международная научно-практическая конференция «Архитектура, строительство, транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ») // Сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ»; ответственный за выпуск Е.Е. Витвицкий. – 2015. – № 8. – С. 6–10.
2. Дымков М.П., Бенедиктович В.И., Демиденко В.М., Коваленко Н.С., Брилевский А.О. Математическая модель распределения транспорта для доставки продукции с временными ограничениями : сборник: Моделирование в технике и экономике сборник материалов международной научно-практической конференции; главный редактор Е.В. Ванкевич. – 2016. – С. 279–281.
3. Ишкова Е.С. Матричный метод решения задачи маршрутизации с несколькими транспортными средствами с учетом ограничений на массу и объем перевозимого груза // Вестник ИНЖЭКОНа. – 2011. – Серия: Экономика. – № 1. – С. 329–333.
4. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Организационно-производственные структуры транспорта. – Краснодар, 2014. – С. 263.
5. Коновалова Т.В., Супрун О.С. К вопросу выбора критерия оптимизации маршрута при доставке грузов автомобильным транспортом // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11 (364). – С. 143–150.
6. Радаев А.Е., Кобзев В.В. Оптимизационная модель кластеризации транспортной распределительной сети промышленного предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2016. – № 3 (245). – С. 245–257.
7. Сенин И.С., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Особенности разработки проектов организации дорожного движения по маршруту перевозки крупногабаритных грузов : Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2017. – Т. 1. – С. 65–70.

References:

1. Bulanova M.D., Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Parnevaya A.I. Placement of objects of transport infrastructure at development of route network of city passenger transport : collection: The international scientific and practical conference «Architecture, Construction, Transport» (to FGBOU VPO'S 85 anniversary of «SIBADI») // the Collection of scientific works of «The Organization of Transportations and Management on Transport» department. FGBOU VPO of «SIBADI», OPIUT Department; E.E. Vitvitsky responsible for release. – 2015. – No. 8. – P. 6–10.
2. Dymkov M.P., Benediktovich V.I., Demidenko V.M., Kovalenko N.S., Brilevsky A.O. Mathematical model of distribution of transport for delivery of production with temporary restrictions : collection: Modeling in the equipment and economy the collection of materials of the international scientific and practical conference; editor-in-chief E.V. Vankevich. – 2016. – P. 279–281.
3. Ishkova E.S. A matrix method of the solution of a problem of routing with several vehicles taking into account restrictions for weight and volume of the transported freight // the Messenger ИНЖЭКОНа. – 2011. – Series: Economy. – No. 1. – P. 329–333.
4. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Organizational and production structures of transport. – Krasnodar, 2014. – P. 263.
5. Konovalova T.V., Suprun O.S. To a question of the choice of criterion of optimization of a route on delivery freights the motor transport // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 11 (364). – P. 143–150.
6. Radayev A.E., Kobzev V.V. Optimizing model of a clustering of transport distributive network of the industrial enterprise // Scientific and technical sheets of the St. Petersburg state polytechnical university. Economic sciences. – 2016. – No. 3 (245). – P. 245–257.
7. Xining I.S., Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Features of development of projects of the organization of traffic along a route of transportation of large-size freights: Modernization and scientific research in a transport complex. – 2017. – T. 1. – P. 65–70.

УДК 332

ПУТИ УСТРАНЕНИЯ ОШИБОК ДОПУЩЕННЫХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

WAYS TO ELIMINATE MISTAKES MADE IN THE FORMATION OF TECHNICAL PLANS

Будагов Иван Владимирович

кандидат экономических наук,
доцент кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
ivan_budagov@mail.ru

Серебрякова Валерия Олеговна

магистрант,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. Данная статья посвящена обзору путей решения проблем, связанных с устранением несоответствий, требованиям законодательству, возникающих при заполнении технических планов.

Ключевые слова: технический план, единый государственный реестр недвижимости, государственный кадастровый учет.

Budagov Ivan Vladimirovich

Candidate of Economic Sciences,
Associate professor
of the inventory and geoengineering,
Kuban state technological university
ivan_budagov@mail.ru

Serebryakova Valeria Olegovna

Undergraduate,
Kuban state technological university

Annotation. This article is devoted to the review of ways to solve problems related to the elimination of inconsistencies, the requirements of the legislation arising from the filling of technical plans.

Keywords: technical plan, unified state register of real estate, state cadastral accounting.

Отечественное законодательство предусматривает три варианта исправления ошибок, допущенных при формировании технических планов [1, 2].

Первый вариант предусматривает что выявленную ошибку исправляют по заявлению собственника, необходимо подать специальное заявление в МФЦ, такое заявление можно подать лично либо через сайт госуслуг, также необходимо приложить все необходимые документы, которые подтверждают факт такой ошибки. Решение по такому заявлению должно быть принято в течение пяти дней. На следующий день после принятия решения копии должны быть отправлены на электронную почту либо заказным письмом заявителю. В случае положительного решения собственник объекта недвижимости получает копию такого решения и КП на объект, если решение отрицательное, то собственник объекта недвижимости не уведомляется. Если решение оказывается отрицательными и не устраивает заявителя, то в такие случаи заявитель может обратиться в суд.

Второй вариант исправления кадастровой ошибки осуществляется по инициативе ЕГРН. ЕГРН может самостоятельно исправить кадастровую ошибку если вдруг выявил ее. Решение об исправлении ошибки выносится в срок до пяти дней с момента, когда была найдена такая ошибка. На основании такого решения кадастровая ошибка исправляется. Собственнику объекта недвижимости отправляют копию решения об исправлении кадастровой ошибки и уже исправленный КП. Данные документы отправляют либо на электронную почту собственника, либо посредством почтового отправления. При таком варианте исправления ошибки собственник не несет никаких затрат. Затраты могут возникнуть только в случае если собственник объекта не согласен с решением ЕГРН и решает обжаловать его в суде. Только при таком варианте собственник будет производить затраты на судебное разбирательство.

Третий вариант исправления кадастровой ошибки – это решение суда. Вопрос по исправлению таких ошибок решается только в арбитражном суде, это связано с тем, что ответчиком является юридическое лицо. Как только суд принимает свое решение, оно сразу передается в ЕГРН для его исполнения. Сотрудники ЕГРН должны

выполнить предписания суда. Если вдруг по какой-либо причине решение суда не поступило в ЕГРН, собственник может сам предоставить заверенную копию решения суда и заявление об исправлении кадастровой ошибки. В решении суда и в приложенном заявлении должно быть четко описано что именно надо исправить и какие сроки даются на это исправление. Если в решении суда отсутствуют сроки исполнения, то в такие случаи на исполнение решения дается пять рабочих дней. Бывают ситуации, когда сотрудники ЕГРН не принимают никаких действий по решению суда, тогда из такой ситуации можно выйти следующим образом:

– можно отправить заявление в суд, в котором указать просьбу на выдачу исполнительного листа на основании вынесенного ранее решения. Такой документ можно передать в службу судебных приставов для того, чтоб возбудили процедуру исполнительного производства и далее за исполнением такого решения уже будут наблюдать судебные приставы;

– можно подать заявление в суд с просьбой наложения штрафа за неисполнение решения суда, после рассмотрения заявления накладывается штраф в размере 100 тыс. рублей. Если после выплаты штрафа решение так и не исполняется, тогда данное дело передаётся дознавателю судебных приставов и заводится новое заявление о том, что происходит уклонение от выполнения решения суда.

Данные процедуры достаточно затратны для собственника объекта недвижимости, но тем не менее как показывает практика без специалиста в кадастровых вопросах обойтись нельзя [3, 4].

Бывают ситуации, когда собственник объекта недвижимости не согласен с внесенными исправлениями. Причинами могут выступать следующие обстоятельства:

– изначальные сведения об объекте были ему выгодны, то есть, например, изначально был другой вид разрешенного использования, а после его исправления объект стал стоить дороже и, следовательно, увеличилось налогообложение такого объекта. Но оспорить такое исправление фактически невозможно если исправление было внесено и в самом деле по причине первоначальной ошибки;

– с участком были произведены какие-то манипуляции, то есть теперь после исправления ошибки это становится незаконным. Например, на участке можно было расположить индивидуальный жилой дом так как земельный участок был предназначен для ИЖС, а после исправления ошибки категория земли изменилась и теперь собственнику необходимо сносить построенный им дом и соответственно понести убытки.

В таких ситуациях собственнику необходимо проконсультироваться с юристом и определить возможные законные пути решения такого спорного вопроса. Но имеется нюанс и заключается он в том, что решить спор без обращения в суд не получится так как второй стороной такого спора выступает ЕГРН.

Литература:

1. Варченко Н.Ф., Будагов И.В., Кравченко Э.В. Анализ проблем ОТИ на современном этапе // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 11. – С. 430–438.

2. Будагов И.В., Кравченко Э.В. Анализ эффективности использования городских земель : сборник: Глобализация экономики и российские производственные предприятия Материалы 14-ой Международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (г. Новочеркасск), МГТУ имени Баумана (г. Москва), МГТУ «Станкин» (г. Москва). – 2016. – С. 14–16.

3. Пчелинцева А.С., Кравченко Э.В., Будагов И.В. Анализ законодательной базы информационного взаимодействия между органами кадастрового учета и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации на примере Краснодарского края // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 1. – С. 64–66.

4. Пчелинцева А.С., Кравченко Э.В., Будагов И.В. Совершенствование информационного взаимодействия между органами кадастрового учета и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации на примере Краснодарского края // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 1. – С. 67–68.

References:

1. Varchenko N.F., Budagov I.V., Kravchenko E.V. The analysis of problems of OTI at the present stage // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 11. – P. 430–438.
2. Budagov I.V., Kravchenko E.V. Analysis of efficiency of use of city lands : collection: Globalization of economy and Russian manufacturing enterprises Materials of the 14th International scientific and practical conference. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Southern Russian state polytechnical university (NPI) of M.I. Platov (Novocherkassk), MSTU of Bauman (Moscow), MSTU of Stankin (Moscow). – 2016. – P. 14–16.
3. Pchelintseva A.S., Kravchenko E.V., Budagov I.V. The analysis of the legislative base of information exchange between bodies of the cadastral registration and bodies of executive power of territorial subjects of the Russian Federation on the example of Krasnodar Krai // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 1. – P. 64–66.
4. Pchelintseva A.S., Kravchenko E.V., Budagov I.V. Improvement of information exchange between bodies of the cadastral registration and executive authorities of territorial subjects of the Russian Federation on the example of Krasnodar Krai // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 1. – P. 67–68.

УДК 528

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ
В УСЛОВИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ**

**HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF GEODETIC INSTRUMENTS
IN THE CONDITION OF AUTOMATION OF GEODETIC WORKS**

Грибкова Лариса Алексеевна

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

Федотов Арсений Павлович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
ars150499@mail.ru

Митринюк Дмитрий Васильевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Татевосян Арам Артурович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Даниэль Коллинз Мвамба

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию истории развития геодезических приборов и внедрению автоматизации геодезических работ на производстве.

Ключевые слова: история геодезии, геодезические приборы, современные геодезические технологии.

Gribkova Larisa Alekseevna

Assistant to department
inventory and geoengineering,
Kuban state technological university
Larisa.gri2012@mail.ru

Fedotov Arseniy Pavlovich

Student,
Kuban state technological university
ars150499@mail.ru

Mitrynyuk Dmitry Vasilyevich

Student,
Kuban state technological university

Tatevosyan Aram Arturovich

Student,
Kuban state technological university

Daniel Collins Mwamba

Student,
Kuban state technological university

Annotation. This article is devoted to the study of the history of the development of geodetic instruments and the introduction of automation of geodetic work in production.

Keywords: history of geodesy, geodetic instruments, modern geodetic technologies.

Введение

Для начала давайте разберемся в терминологии темы научной работы. Что такое геодезия, и какие работы проводятся в отрасли данной науки? Геодезия – наука, изучающая формы и размеры Земли. Соответственно геодезические работы – работы, связанные с измерением земельных участков, составлением топографических карт и планов, расчетов земельных работ и тд.

Согласитесь, что геодезические работы должны иметь прогрессивную основу, ведь проводить их с помощью одной лишь рулетки достаточно примитивно, к тому же непрогрессивная основа даёт высокую вероятность ошибок и неточностей, что просто недопустимо. Каждый день наука развивается в разных направлениях, совершенствуются как методы работы с оборудованием, так и само оборудование. В чем цель автоматизации данных работ? Любая работа прогрессивна тогда, когда мы затрачиваем минимум усилий и получаем максимум желаемого результата, с этим не поспоришь. Соответственно автоматизация – это процесс преобразования сложных работ в простые. На мой личный взгляд, это процесс преобразования работы физической и неточной в точную работу запрограммированного компьютера. Думаю вы понимаете суще-

ственные плюсы автоматизации. Человек, не прилагая больших усилий, может выполнять большой объём работ, изучив методы работы с оборудованием, созданным на основе работы компьютера. Это достаточно прогрессивная схема, и в данной работе я исследую историю развития автоматизации данных работ, то есть историю развития прогресса данной отрасли. Также планирую затронуть перспективные отрасли развития в будущем.

К истории

История развития геодезических приборов берет свое начало в Древнем Египте и Вавилоне. Птолемею была изобретена линейка, которая могла измерять горизонтальные углы. Гиппарх изобрёл астролябию – один из старейших астрономических инструментов, служивший для измерения горизонтальных углов и определения широт и долгот небесных тел. Этот прибор является древним прообразом теодолита.

Скачок в развитии науки и технологий произошел в 17 веке. В это время Галилео Галилей изобрел зрительную трубу, а французский ученый Тевено сконструировал цилиндрический уровень. А после итальянским ученым Мантанари было предложено использование дальномерных нитей для зрительной трубы.

В 1785 году британский ученый Джесси Рамсен создает первый высокоточный угловой инструмент, называемый теодолитом. Теодолит – геодезический прибор, используемый для измерения расстояний, вертикальных и горизонтальных углов. Его конструирование основано на использовании разделительного механизма Рамсена, предназначенного для деления шкал с точностью до секунд. Данный прибор применялся в течение следующих нескольких лет для изготовления карт всей Южной Британии с помощью триангуляции.

Множество оптических приборов было построено в России во времена правления Петра I, авторами которых были мастеровые Беляев и Колосов. К началу 19 века в Российской империи уже работали несколько мастерских, специализированных на изготовлении геодезических приборов. К этим приборам относились астролябии с трубами, базисные приборы и теодолиты.

Благодаря развитию науки в России в конце 19 века российским учёным-геодезистом Гедеоновым был изобретён первый оптический нивелир повышенной точности. Нивелир – геодезический прибор для определения разности высот между двумя точками.

Развитие науки активно использовалось не только в целях общемирового научного прогресса, но также в социальной сфере. Таким образом, в обществе появляется профессия кадастра. Это говорит о том, что геодезия как наука уже является не просто отраслью геометрии, а становится отдельным объектом и целой отраслью промышленности и коммерческой сферы. К примеру, как говорилось в начале, началу строительных работ предшествуют геодезические изыскания и расчёты или же для более выгодной продажи земли, следует произвести оценку данной земли по площади. Эти направления имеют коммерческий характер в обществе, отсюда можно сделать вывод как подтверждение выше сказанного: наука развивается, получает все больше источников для своего развития, получает свой независимый статус отдельной науки, соответственно быстрее совершенствует методы и условия своей работы [1, с. 3].

К концу 19 века в геодезическом приборостроении появляется тахеометр – геодезический прибор для измерения расстояний, вертикальных и горизонтальных углов, разработанный французским ученым Санге. По описанию данный прибор похож на теодолит, но тогда в чем отличие? Оба устройства позволяют найти в пространстве координаты нужных позиций и вынести на местность проектные опорные точки. Тахеометр – это прибор, который совмещает в себе функции теодолита и дальномера, что делает его более совершенным по условиям работы, ведь расчеты производятся намного проще. Также тахеометр позволяет производить съёмку объектов на более отдаленном расстоянии, чем теодолит. Создание тахеометра является важным шагом на пути становления автоматизации геодезических работ.

С развитием радиотехники были разработаны новые методы свето- и радиодальномерных измерений, на основе которых в 20 столетии созданы светодальномеры

и радиодальномеры. Практическое широкое использование светодальномеров связано с созданием в 1952 г. Э. Бергстрандом (Швеция) первого фазового дальномера, названного геодиметром.

Светодальномер – геодезический прибор, который может измерять с точностью до нескольких миллиметров расстояния в десятки, иногда в сотни километров. Так с помощью светодальномера было измерено расстояние от Земли до Луны с точностью в несколько сантиметров.

Первый радиодальномер (или теллуrometer) был создан ученым Уодли в ЮАР в 1956 г. Данное устройство позволяло измерять расстояния до 60 км с ошибкой в несколько см.

Эксплуатация светодальномеров и радиодальномеров позволила быстро повысить производительность линейных измерений, которые были весьма трудоемкими и малопродуктивными, так как выполнялись до этого механическими мерными приборами.

Огромное развитие в отрасли автоматизации работ наука получила во 2 половине 20 века. Важным, на мой взгляд, является использование навигационных измерений в геодезии. Для этого обратимся к науке Космонавтике. Поскольку в 20 веке быстрыми темпами шло развитие данной науки, это позволило создать спутниковые методы определения координат. В них вместо неподвижных геодезических пунктов используются движущиеся по орбите спутники, координаты которых можно определить для любого момента времени. На сегодняшний день работает множество спутниковых навигационных систем. Можно назвать следующие:

- американская NAVSTAR, GPS (Navigation System with Time And Ranging, Global Positioning System);
- европейская спутниковая система Галилео;
- российская ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система);
- китайская навигационная система Бэйдоу;
- японская региональная навигационная система QZSS.

При выполнении работ спутниковые навигационные системы имеют целый ряд преимуществ:

- в отличие от наземной съемки, спутниковые имеют временные затраты для определения координат ;
- высокая точность определения координат;
- точность определения координат во всех точках одинакова [2, с.170–171].

С развитием электротехники и программирования предпринимается следующий важный шаг. Появляются первые электронные теодолиты, которые значительно упрощают условия эксплуатации работы. Далее в 70-ых годах 20 века появилась тенденция соединения светодальномера и теодолита (оптического или электронного). Таким образом появляются первые электронные тахеометры (автоматические или полуавтоматические). Как отмечают в своей работе Гура Т.А., Грибкова Л.А., Голотина Ю. «Он многофункционален и может выполнять одновременно несколько задач. Предназначение его заключается в быстром выполнении геодезических измерений. Создан в Швейцарии, это первая страна, которой удалось соединить в своих приборах задачи оптико-электронного уровня, а также они первые, кто изменил оптическую систему, на электронную. Выпустили первый прибор, в котором были совмещены возможности цифрового теодолита и светодальномера» [3, с. 11]. При создании автоматических электронных тахеометров используются известные технические решения, заложенные в конструкции кодовых теодолитов, ранее предназначавшихся исключительно для автоматизации угловых измерений. Многие электронные тахеометры снабжаются встроенными микропроцессорами (вычислителями). На сегодняшний день электронные тахеометры являются самыми универсальными и прогрессивными геодезическими приборами.

Во второй половине 20 века большое внимание уделялось автоматизации отдельных измерительных операций. Конкретней, много сил было положено на стабилизацию визирной оси нивелиров и оптического индекса вертикального круга при помощи компенсаторов. Но что такое компенсатор? Компенсатором наклона визирной оси, или

«регулятором» положения визирной оси. Нивелир снабжается только круглым уровнем для приведения в горизонтальное положение грубо, а затем приводится точно компенсатором наклона. Данные устройства позволяют повысить производительность и точность геодезических работ, а также позволяют работать на неустойчивых грунтах. Бывают как ручные (настройка производится вручную), так и автоматические [4 с. 129].

С появлением и развитием лазерной техники появляются лазерные дальнометры и нивелиры.

Лазерный нивелир заметно отличается от оптического тем, что в нем отсутствует окуляр, а пользователь снимает показания с рейки по лазерному лучу, который образует горизонтальную или вертикальную плоскость или точку. К достоинствам можно отнести: эксплуатация устройства одним человеком, одновременное построение горизонтальных и вертикальных плоскостей, также работа с основной плоскостью не в одной точке, а в нескольких. К недостаткам: работа на относительно небольших участках, дальность визирования зависит от дальности излучения лазерного луча. Лазерный нивелир активно применяется как в бытовых домашних условиях, так и в профессиональной деятельности. Но поскольку вопрос о лазерных технологиях имеет достаточно небольшой срок изучения, можно сказать, что данная отрасль имеет очень высокие перспективы на развитие, и на сегодняшний день является одной из главных отраслей, развивающих науку и методы работы геодезических работ [5, с. 256].

На сегодняшний день возрастающая потребность в геодезических приборах, с одной стороны, и развитие электроники, лазерной техники, компьютерных технологий, с другой, позволяют создавать не только новые модели уже известных приборов, но и изобретать принципиально новые инструменты и технологии. Продолжается совершенствование электронного тахеометра. За последние 10 лет из прибора, просто объединяющего в себе теодолит и дальномер, он превратился в мощный инструмент для использования в топографической съемке, кадастровой съемке, геодезическом сопровождении строительства. Такие изменения стали возможны благодаря оснащению электронных тахеометров встроенным программным обеспечением, расширенной памятью, безотражательными дальномерами. Сегодня электронный тахеометр является основой программно-аппаратного комплекса, включающего в себя помимо прибора мощное программное обеспечение для решения широкого круга прикладных задач. Более того современные электронные тахеометры могут иметь в своем запрограммированном арсенале составление подробного топографического плана съемки [6, с. 2].

На базе моторизованных моделей электронных тахеометров создаются полностью роботизированные станции, способные без участия пользователя по четко-разработанной программе вести непрерывный мониторинг за объектами, определяя значения крена и смещений. Примером такой станции служит ГНСС-приемник Topcon GLS-1000.

Вместе с тахеометрами, большое распространение получили ГНСС инструменты. Сегодня ГНСС-приемник стал привычным инструментом для геодезистов проводящих топосъемку и землеустроительные работы, осуществляющих инженерно-геодезические изыскания и геодезическое обеспечение строительства [7, с. 2].

В заключении. Хочу сказать, что на сегодняшний день геодезия имеет большой вес, как наука. Отследив путь ее развития и становления, можно сказать, что имеются достаточно прогрессивные методы работы, которые совершенствуются все больше и больше, также развитие данной науки дало человечеству массу полезных возможностей. На мой взгляд, направление развития геодезических технологий сегодня является одним из самых перспективных и прогрессивных.

Литература:

1. Анисина З.А. Исследование истории геодезического инструментоведения, методов и точностных характеристик съёмочных работ и картографических материалов в целях осуществления землеустройства и ведения кадастров. – Московский университет транспорта (МИИТ). – С. 1–5.
2. Карпенко В.В., Гура Т.А. Использование спутниковых технологий при производстве землеустроительных работ и межевании земель // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11 (364). – С. 170–175.

3. Грибкова И.С., Логинова П.А., Андриянова З.С., Чеботова А.А., Саид А.Н., Раздора Д.А. Геодезические приборы и технологии при строительстве автомобильных дорог // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 2. – С. 128–132.

4. Гура Т.А., Сирота П.В. Особенности сканирования архитектурных сооружений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 256–263.

5. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров : монография. – Краснодар, 2016.

6. Грибкова Л.А., Морозов А.А. Особенности применения современных геодезических приборов и технологий при строительстве зданий и сооружений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 5. – С. 59–69.

References:

1. Anisina Z.A. A research of history of a geodetic instrumentovedeniye, methods and precision characteristics of film-making works and cartographic materials for implementation of land management and maintaining inventories. – Moscow university of transport (MIIT). – P. 1–5.

2. Karpenko V.V., Gura T.A. Use of satellite technologies by production of land management works and land surveying of lands // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 11 (364). – P. 170–175.

3. Gribkova I.S., Loginova P.A., Andriyanova Z.S., Chebotova A.A., Said A.N., D.A. Content. Geodetic devices and technologies at construction of highways // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 2. – P. 128–132.

4. Gura T.A., Orphan P.V. Osobennosti of scanning of architectural constructions // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 256–263.

5. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. About researches of goniometric errors of electronic tacheometers : monograph. – Krasnodar, 2016.

6. Gribkova L.A., Morozov A.A. Features of use of modern geodetic devices and technologies at construction of buildings and constructions // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 5. – P. 59–69.

УДК 69.05

СОВРЕМЕННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

MODERN SOFTWARE FOR PROCESSING GEODETIC MEASUREMENTS

Гура Дмитрий Андреевич

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

Горкина Ирина Эдуардовна

студент
кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
love_coffee_forever@icloud.com

Аннотация. в данной статье описаны виды геодезических программ, типичные примеры программ общего использования и перечень выполняемых ими вычислительных работ. А также примеры специализированных геодезических программ и их применение, свойства.

Ключевые слова: геодезия, геодезические программы, AutoCAD, GeoniCS.

Gura Dmitry Andreevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
gda-kuban@mail.ru

Gorkina Irina Eduardovna

Student departments of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
love_coffee_forever@icloud.com

Annotation. This article describes the types of geodetic programs, typical examples of general use programs and a list of their computational work. And also examples of specialized geodetic programs and their application, properties.

Keywords: geodesy, geodetic programs, AutoCAD, GeoniCS.

Современные кадастровые системы должны соответствовать развивающемуся миру. Сейчас геодезические работы уже не представить без применения компьютерных технологий и программного обеспечения. Это во многом упрощает производственные процессы на разных стадиях работ. Электронное геодезическое оборудование позволяет повысить уровень производительности труда и точность выполнения работ. Оно даёт возможность производить записи всех полевых измерений в специальные запоминающие устройства и передавать информацию соответствующим программным продуктам для обработки [1, с. 297].

С возникновением автоматизации геодезического технологического процесса появляется потребность в прикладных программах, с помощью которых выполняются обработка и вычисления геодезических полевых измерений. Такие программы обычно разрабатываются для решения определенного типа задач. Иногда построение программ состоит из отдельных модулей, которые не зависят друг от друга и представляют собой целые программные комплексы.

Виды геодезических программ

Все геодезические программы можно классифицировать двумя видами:

1. Общего использования;
2. Специализированные.

Таблицы Excel компании Microsoft являются типичным примером программы общего пользования. В этих таблицах есть возможность применять геодезические расчеты и вычисления с использованием математических формул определенной сложности и различного объема данных. Конечный результат получают путём ввода формул в ячейки таблицы, заполняя их исходными данными. Данные обычно вводятся в ручном режиме, из-за чего использование таблиц Excel имеет полуавтоматический режим. С помощью Excel выполняют следующие виды вычислительных работ:

- 1) прямую геодезическую задачу (засечку);
- 2) обратную геодезическую задачу (засечку);

- 3) обработку нивелирных ходов;
- 4) обработку теодолитных ходов;
- 5) определение отклонений от проектных плоскостей;
- 6) определение объёмов;
- 7) определение площадей участков;
- 8) и других геодезических задач.

Неправильно введенный алгоритм может привести к погрешностям и неправильным выводам. Для лучшей и надежной обработки вычислений геодезических измерений нужен, конечно, полностью автоматический процесс и правильно разработанный алгоритм программного обеспечения. С целью продуктивной и качественной работы перед современными предприятиями и службами в геодезическом производстве стоит выбор таких программ [2, с. 1].

Специализированные геодезические программы

Такие программы используются в большом диапазоне решаемых задач геодезического производства. Есть как стандартные, так и индивидуальные программы.

Как правило, стандартными программами представлены наборы шаблонов с определённой последовательностью действий. Для их использования применяются простые функции и не требуются специальные математические и профессиональные знания. Нужно просто выполнять набор операций для точного решения требуемой задачи. В качестве примера таких программ можно привести программный комплекс белорусской фирмы «Кредо-Диалог» с названием «Кредо». Концепция этого программного продукта состоит в возможности целостного обеспечения и постоянной обработки всех технологических процессов изысканий, главных работ, различных вариантов проектирования, маркшейдерских, кадастровых и инженерных задач от одной базы данных. Модуль программы Credo dat создан специально для автоматизации процессов обработки и вычислительных работ теодолитных и ходов полигонометрии, их уравнивания, оформлении тахеометрических съёмки.

Модуль Credo-нивелир и соответственно Credo-расчет деформаций применяются для высотных наблюдений за осадочными деформациями оснований сооружений, определений высотных отметок и обработке нивелирных ходов, также при реконструкции высотных сетей.

При выполнении многочисленных инженерных изысканий с целью создания ЦММ, производства топографических планов, линейных изысканий используется Credo-топоплан или Credo-линейные изыскания.

Credo-транспор, Credo-GNSS, Credo-dat professional применяются для формирования государственных опорных, съёмочных и разбивочных сетей для конвертации геоцентрических пространственных, геодезических прямоугольных координат.

Блок Credo-объёмы используется для работ, связанных с перемещением земляных масс (строительные, ландшафтные работы)

Есть и разные другие стандартные программные модули фирмы «Кредо-Диалог», связанные с транспортом, кадастром, геологией, горным делом, составлением генпланов и смет [3, с. 110–113].

Под индивидуальными программами подразумевают их единичное производство для специальных видов работ, разрабатывающихся для отдельных организаций или проектов.

Программные продукты AutoCAD

Их определённно можно назвать самыми известными в геодезической среде. Универсальные платформы для обеспечения автоматизации проектирования, конструирования, черчения. Программы компании Autodesk стали часто применять в геодезической отрасли из-за технических возможностей и высокой точности. К таким программам относятся:

1. Стандартная программа AutoCAD, которая применяется многими геодезистами;
2. AutoCAD Civil 3D;
3. AutoCAD Map 3D.

Весь программный комплекс AutoCAD обладает удобным интерфейсом, большим количеством функциональных возможностей, которым посвящены тома книг. Без формата .dvg уже тяжело представить себе работу геодезистов. Например, любой подготовительный период в строительстве начинается с получения проектной документации (генплана, разбивочных и других чертежей) именно в DVG формате. С его помощью осуществляются:

- 1) связь с таблицами Excel;
- 2) организация работ с применением слоёв;
- 3) обмен и хранение файлов;
- 4) использование динамических блоков;
- 5) динамические подсказки и меня быстрых свойств;
- 6) импорт и публикация DWF-файлов;
- 7) визуализация и печать 3D моделей;
- 8) запись последовательности действий пользователями;
- 9) переформатирование и экспорт в PDF-файл;
- 10) адаптация под свои индивидуальные особенности;
- 11) настройка и использование интерфейс-ленты;
- 12) моделирование поверхностей;
- 13) интегрирование на основе AutoCAD других специализированных приложений;
- 14) и другие функции.

Возможность применения землеустроительных работ, геопространственного анализа, геодезических работ на строительных площадках и трассах, подсчета земляных масс возникла после появления геодезического блока «Съёмка» в составе программного модуля AutoCAD Civil 3D [4, с. 240–241].

Модуль AutoCAD Map 3D позволяет создавать всевозможные виды карт, 3D модели на базе данных топографических съёмки в системе AutoCAD [5, с. 36–38].

Программный комплекс GeoniCS

Это знаменитая проектно-геодезическая платформа, которая основана на приложениях компании Autodesk (AutoCAD, AutoCAD Civil3D, AutoCAD Map3D) и адаптирована к отечественным технологиям. Ее предназначение: автоматизация процесса проектирования, вычислительная обработка полевых измерений топосъёмок, при изысканиях, строительстве, кадастровых, других работах. Абсолютно весь комплекс разбит на модули. В их список входит GeoniCS-изыскания, с помощью которого производятся:

- 1) проектирование геодезических сетей;
- 2) уравнивание, определение ошибок высотных координат;
- 3) формирование каталогов координат;
- 4) обработка полевых измерений с электронного оборудования;
- 5) обработка тахеометрических съёмок и формирование топопланов;
- 6) экспорт съёмочных точек и соответственно импорт расчётных данных;
- 7) расчёты данных по выносу проектов.

Построительный и вычислительный процессы также автоматизируют и другие комплексы. В полноценной системе GeoniCS-инженерная геология производят ввод и расчеты, которые были получены при геологических изысканиях.

Комплекс GeoniCS-топоплан-генплан-трассы-сети выполняет весь комплекс автоматизации проектных решений для строительства различных объектов, трасс, сетей. Он состоит из отдельных одноименных блоков, предназначенных для автономного решения поставленных независимых задач. [6, с. 1]

На новый уровень эффективности применения в геодезии и строительстве ПО выводят обширные возможности в работе с пространственными данными.

В последние годы именно программные комплексы с унифицированными программными блоками широко используются среди геодезических работников.

Литература:

1. Гура Д.А., Туров Д.И., Гура Т.А., Шевченко Г.Г. Обзор зарубежного и отечественного опыта ведения трёхмерного кадастра // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 4.

2. Геодезические программы [Электронный ресурс]; Geostart (геостарт) – геодезический портал. – 2017.
3. Гура Д.А., Гура Т.А. Обзор инженерно-геодезических задач, решаемых с использованием современных электронных тахеометров : сборник: Науки о земле на современном этапе / материалы IV международной научно-практической конференции. – 2012.
4. Гура Т.А., Погодина П.В., Ищук Ю.П., Рабданов Д.М., Гайко Е.В. Среда Autocad Civil 3D: анализ программы, способы и методы обработки данных инженерно-геодезических изысканий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 240–242.
5. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс работ, выполняемых наземным лазерным сканером для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 3.
6. GeoniCS 2018 [Электронный ресурс]; CSoft Development. – 2018.

References:

1. Gura D.A., Turov D.I., Gura T.A., Shevchenko G. G. Review of foreign and domestic experience of maintaining the three-dimensional inventory // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 4.
2. Geodetic programs [An electronic resource]; Geostart (geostart) – the geodetic portal. – 2017.
3. Gura D.A., Gura T.A. The review of the engineering and geodetic tasks solved with use of modern electronic tacheometers : collection: Sciences about the earth at the present stage / materials IV of the international scientific and practical conference. – 2012.
4. Gura T.A., Pogodina P.V., Ishchuk Yu.P., Rabdanov D.M., Gayko E.V. Autocad Civil 3D environment: analysis of the program, ways and methods of data processing of engineering and geodetic researches // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 240–242.
5. Turov D.I., Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A. A complex of the works performed by the land laser scanner for drawing up spatial measurement drawings of underground constructions on the example of hydroelectric power station // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 3.
6. GeoniCS 2018 [An electronic resource]; CSoft Development. – 2018.

УДК 656.073

МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

MODELS OF TRANSPORT SERVICE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Денисова А.С.

Кубанский государственный
технологический университет

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный
технологический университет

Надирян София Леоновна

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены модели транспортного обслуживания производственных предприятий. Существует два связанных между собой направления совершенствования логистических процессов предприятия: инсорсинг, как отказ от выполнения работ внешними исполнителями и аутсорсинг или выполнение работ с помощью привлекаемой сторонней организации.

Ключевые слова: инсорсинг, аутсорсинг, логистические процессы, транспортное обслуживание, автомобильный транспорт, транспортировка.

Denisova A.S.

Kuban state technological university

Konovalova T.V.

Kuban state technological university

Nadiryan Sofia Levonovna

Kuban state technological university
sofi008008@yandex.ru

Annotation. In the article there is a model of transport service of industrial enterprises. There are two interconnected directions of perfection of logistic processes of the company: insourcing, as a rejection of the execution of works by external artists and outsourcing or the execution of works with third-party organizations.

Keywords: insourcing, outsourcing, logistics processes, transport service, road transport, transportation.

Существует два связанных между собой направления совершенствования логистических процессов предприятия: инсорсинг, как отказ от выполнения работ внешними исполнителями и аутсорсинг или выполнение работ с помощью привлекаемой сторонней организации.

Аутсорсинг и инсорсинг не противопоставлены друг другу, так как выбор состоит не в полном отказе от одного способа обслуживания в пользу другого. Вполне возможна передача сторонним исполнителям только части логистических функций [1, 2], то есть в определенных условиях оказывается эффективным сочетание инсорсинга и аутсорсинга.

В зависимости от принятия и выполнения логистическими посредниками функций, передаваемых на аутсорсинг, выделяют следующие его уровни:

- 1PL – First Party Logistics – автономная логистика, когда предприятие выполняет все логистические функции самостоятельно.
- 2PL – Second Party Logistics – частичный аутсорсинг, когда на внешнее исполнение передаются отдельные логистические функции.
- 3PL – Third Party Logistics – все логистические функции предприятия передаются на исполнение логистическому провайдеру, который осуществляет комплексное обслуживание.
- 4PL – Fourth Party Logistics – к выполнению комплекса функций логистики добавляется управление цепями поставок необходимых предприятию ресурсов или произведенной продукции.
- 5PL – Fifth Party Logistics – логистический провайдер при обслуживании клиентов использует интернет - технологии, что обеспечивает взаимодействие и координацию участников логистического процесса.

В настоящее время на российском рынке логистических услуг доминируют узкоспециализированные логистические операторы, которые выполняют лишь некоторые

функции – например, транспортировку, экспедирование, ответственное хранение, страхование грузов (уровень 2PL). Многие логистические операторы в России ставят своей стратегической целью развитие качества и сложности предоставляемых услуг до уровня 3PL. В большинстве развитых стран мира операторы категории 3PL составляют основу всех участников рынка логистических услуг [3, 4]. Они осуществляют международные и внутренние перевозки всеми видами транспорта, таможенное оформление грузов, промежуточное складирование и несут ответственность по условиям договора за качество выполняемых операций.

Передача на аутсорсинг логистических функций производственными и торговыми предприятиями предполагает повышение качества обслуживания и снижение затрат на физическое товародвижение. В России этот подход еще не нашел широкого применения.

Среди множества логистических стратегий выделяют несколько базовых, которые наиболее широко используются при построении логистических систем: минимизации общих логистических издержек, улучшения качества логистического сервиса, минимизации инвестиций в логистическую инфраструктуру и логистического аутсорсинга.

Стратегия аутсорсинга широко применяется в логистике: современный бизнес все чаще концентрируется на ключевых сферах деятельности и компетенциях, а непрофильные виды деятельности передает сторонним подрядчикам – аутсорсинговым компаниям. В общем виде под аутсорсингом понимается передача аутсорсинговой компании, специализирующейся в соответствующей области, некоторых бизнес-функций или частей бизнес-процессов компании. Под логистическим аутсорсингом понимается целенаправленное привлечение партнера – логистического посредника, оператора или провайдера – для оказания определенных логистических услуг. Некоторые авторы считают, что логистический аутсорсинг, услуги 3PL-провайдеров и контрактная логистика являются синонимами и подразумевают использование услуг сторонних компаний для выполнения тех или иных операций [5, 6]. Аутсорсинг стал мощной альтернативой традиционным вертикально интегрированным компаниям, поскольку позволяет организациям быть более гибкими, сосредотачиваться на ключевых компетенциях и выстраивать долгосрочные взаимовыгодные отношения.

Инсорсинг, в свою очередь, предполагает создание собственной логистической инфраструктуры и самостоятельное выполнение операционной логистической деятельности. В отличие от услуг сервиса и поддержки, имеющих разовый характер и ограниченных началом и концом, на аутсорсинг обычно передаются функции по профессиональной поддержке бесперебойной работоспособности инфраструктуры и отдельных систем на основе контракта, длительностью не менее года. Наличие бизнес-процесса является отличительной чертой логистического аутсорсинга от других различных форм оказания услуг. Как правило, на аутсорсинг передаются в первую очередь транспортные и складские операции; тем не менее, иногда внешним компаниям передаются на выполнение и координирующие логистические функции, например, управление запасами [7, 8]. Аутсорсинг позволяет компании-клиенту повысить эффективность выполнения логистических операций и гибкость реагирования на изменения внешней среды. Аутсорсинговые компании могут предоставлять достаточно широкий спектр услуг, которые постоянно совершенствуются с учетом изменяющихся требований заказчиков, а также привлекать субподрядчиков для оказания дополнительных услуг или при выполнении заказов больших объемов. Аутсорсинговые компании уровня 3PL и выше осуществляют комплексное решение проблем заказчика, беря на себя организацию движения не только материального потока, но и информационного и финансового. Кстати говоря, именно следствием этого стала тенденция заказчиков к сокращению количества привлекаемых аутсорсинговых компаний и заключению с ними долгосрочных партнерских отношений.

В большинстве случаев при передаче логистических функций и операций на аутсорсинг доминируют мотивы сокращения логистических издержек, превращения постоянных издержек в переменные и сглаживания нагрузок в пики. Экономия на издержках при партнерстве с логистическим оператором достигается за счет возможности оператора минимизировать издержки на выполнение логистических функций и опера-

ций за счет роста масштаба деятельности и оптимизации загрузок транспорта – FTL-загрузки. Также у логистических операторов снижаются издержки за счет эффекта специализации, возникающего в силу концентрации подрядчика на ключевой сфере деятельности [1, 9].

Принятие решения «инсорсинг / аутсорсинг» в логистике является разновидностью стратегической задачи «делать или покупать», известной как МОВ – «Make or Buy». Решение «инсорсинг / аутсорсинг» принимается по минимуму общих затрат – Total Cost of Ownership (TCO), при этом должен быть проведен тщательный анализ и оценка всех составляющих TCO для обоих вариантов.

Помимо анализа TCO можно использовать такой инструмент, как поле принятия решений «Make or Buy» (рис. 1).

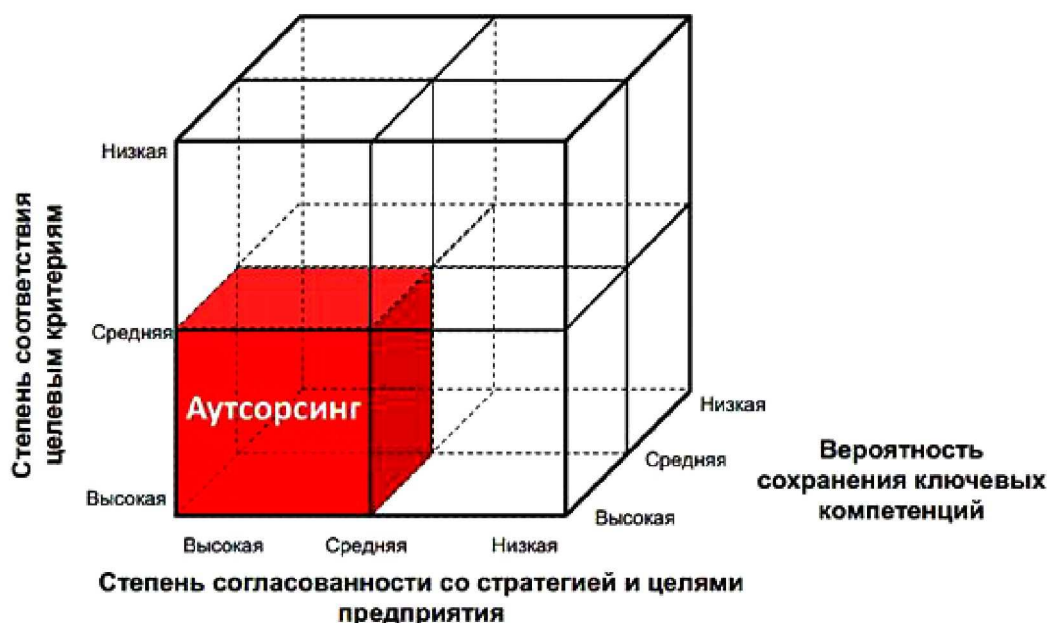


Рисунок 1 – Поле принятия решений «Make or Buy»

Имеет смысл выбирать аутсорсинг, если достигается достаточно высокое соответствие стратегии и целям компании, выбранным целевым критериям (стоимость услуги, показатели качества и надежности выполнения услуги, гибкость логистического контрагента в оказании услуги и т.д.), а также имеется высокая вероятность сохранения ключевых компетенций предприятия при переходе на аутсорсинг. В обратном случае, т.е. при низком соответствии стратегии компании, целевым критериям и низкой вероятности сохранения ключевых компетенций вследствие, например, утраты прав собственности на уникальные продукты или технологии, целесообразно выбрать инсорсинг.

В общем виде основные причины принятия решения «Делать» или «Покупать» представлены в таблице 1.

При этом логистический аутсорсинг часто воспринимается как задача, которая базируется только на экономической эффективности, однако при выборе аутсорсинга необходимо также принимать во внимание стратегические аспекты – сложность выполнения функций / операций и их влияние на повышение конкурентоспособности компании. Исходя из этого, на решение делать или покупать влияют следующие факторы: экономические – издержки, связанные с производством услуг и работ внутри компании или приобретением из внешних источников; стратегические; качество производства работ и услуг по данной логистической операции; стратегическая значимость для компании данной операции или услуги; скрытый потенциал и возможности совершенствования внутри компании данной работы или услуги.

От успешной реализации стратегии аутсорсинга во многом зависит успех производственного предприятия в целом: деловая репутация компании, стоимость ее акций на фондовых биржах, взаимоотношения с партнерами, клиентами и конкурентами, перспективы развития и т.д.

Таблица 1 – Основные причины принятия решения «Делать» или «Покупать»

Причины «Делать»	Причины «Покупать»
Поддержка ключевых компетенций	Сосредоточение на ключевых компетенциях
Неопределенность поставщиков услуг (риск сделать хуже)	Снижение затрат на основные фонды
Гарантии адекватного обслуживания	Повышение гибкости
Наличие избыточного персонала или логистических мощностей	Повышение оборачиваемости активов и запасов
Поддержание желаемого уровня качества сервиса	Снижение общих операционных (логистических) затрат
Предотвращение сговора поставщиков услуг	Сохранение обязательств перед существующими поставщиками
Защита персонала от увольнений и поддержание морального духа коллектива	Приобретение новых технологических или управленческих возможностей
Защита прав собственности на технологии и уникальные проекты	Отсутствие мощностей для выполнения операций
Увеличение или поддержание размеров компании	Страхование за счет наличия альтернативного источника услуг
Более высокая интеграция логистических процессов	Неадекватные технологические или управленческие ресурсы и др.

Важно понимать, что предприятие, отдающее реализацию логистической функции или операции на аутсорсинг, рискует потерять контроль над осуществлением функции или операции и издержками, а также знание рыночной конъюнктуры. Для эффективной реализации стратегии логистического аутсорсинга необходимо доверие и понимание контрагентов, совместное согласование целей и стратегий, обоюдное участие в принятии решений.

Перспектива успешного аутсорсинга – это стремление к долговременному стратегическому партнерству при специализации партнеров на своих ключевых компетенциях.

Литература:

1. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Мелещенко О.И. Совершенствование транспортного обслуживания производственной деятельности агропромышленных предприятий // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 1. – С. 77–83.
2. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Денисова А.С. Особенности функционально-стоимостного анализа на автомобильном транспорте // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 3. – С. 212–219.
3. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Мелещенко О.И., Папазыян М.В. Стратегическое планирование финансовой деятельности автотранспортного предприятия // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 3. – С. 76–78.
4. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Денисова А.С. Применение функционально-стоимостного анализа для повышения эффективности автотранспортной деятельности // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – № 1. – С. 83–84.
5. Князев Р.И., Коновалова Т.В., Мелещенко О.И., Надирян С.Л., Папазыян М.В. Стратегическое планирование организации эффективного взаимодействия служб и подразделений автотранспортного предприятия : сборник: Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса / Материалы IV Международной научно-практической конференции; ответственный редактор С.И. Климашин. – 2014. – С. 129–132.
6. Коновалова Т.В., Мелещенко О.И. Методика повышения эффективности транспортного обслуживания производственной деятельности предприятий агропромышленного комплекса // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2014. – № 12–3. – С. 94–96.
7. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Рынок транспортных услуг и качество транспортного обслуживания. – Краснодар, 2015.
8. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Денисова А.С. К вопросу о влиянии транспорта на технологический процесс производственных предприятий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 4. – С. 77–79.
9. Мелещенко О.И., Коновалова Т.В. Оценка эффективности транспортного обслуживания производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10 (171). – С. 244–246.

References:

1. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Meleshchenko O.I. Improvement of transport service of production activity of the agro-industrial enterprises // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2014. – No. 1. – P. 77–83.
2. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Denisova A. S. Features of the functional and cost analysis on the motor transport // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 3. – P. 212–219.
3. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Meleshchenko O.I., Papazyan M.V. Strategic planning of financial activity of the motor transportation enterprise // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 3. – P. 76–78.
4. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Denisova A.S. Application of the functional and cost analysis for increase in efficiency of motor transportation activity // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2015. – No. 1. – P. 83–84.
5. Knyazev R.I., Konovalova T.V., Meleshchenko O.I., Nadiryan S.L., Papazyan M.V. Strategic planning of the organization of effective interaction of services and divisions of the motor transportation enterprise : collection: Prospects of development and safety of a motor transportation complex / Materials IV of the International scientific and practical conference; editor-in-chief of S.I. Klimashin. – 2014. – P. 129–132.
6. Konovalova T.V., Meleshchenko O.I. Technique of increase in efficiency of transport service of production activity of the enterprises of an agro-industrial complex // Humanitarian, social and economic and social sciences. – 2014. – No. 12–3. – P. 94–96.
7. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Market of transport services and quality of transport service. – Krasnodar, 2015.
8. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Denisova A. S. To a question of influence of transport on technological process of manufacturing enterprises // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 4. – P. 77–79.
9. Meleshchenko O.I., Konovalova T.V. Otsenk of efficiency of transport service of production activity of the agricultural enterprises // Bulletin of the Orenburg state university. – 2014. – No. 10 (171). – P. 244–246.

УДК 656.073

**ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА
ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА
НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**THE ORGANIZATIONAL SCORECARD
OF TRANSPORT AT INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Денисова А.С.

Кубанский государственный
технологический университет

Коновалова Т.В.

Кубанский государственный
технологический университет

Надирян София Леоновна

Кубанский государственный
технологический университет
sofi008008@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена организационная система учета показателей работы транспорта на производственных предприятиях. Деятельность транспорта невозможно спланировать и оценить без комплекса показателей, измеряющих количество и качество его работы. Объективное существование различных видов транспорта и их различных характеристик находят свое отражение в отличие от показателей, оценивающих работу каждого вида транспорта. Поэтому на каждом виде транспорта имеется своя система показателей, отражающих его специфику.

Ключевые слова: логистические процессы, транспортное обслуживание, автомобильный транспорт, транспортировка, управление перевозками, автомобильный транспорт.

Denisova A.S.

Kuban state technological university

Konovalova T.V.

Kuban state technological university

Nadiryan Sofia Levonovna

Kuban state technological university
sofi008008@yandex.ru

Annotation. The article considers the organizational system of accounting for the performance of transport in manufacturing enterprises. Transport activities cannot be planned and evaluated without a set of indicators measuring the quantity and quality of its operation. The objective existence of different modes of transport and their different characteristics are reflected in contrast to the performance of each mode of transport. Therefore, each mode of transport has its own system of indicators reflecting its specificity.

Keywords: logistics processes, transport service, road transport, transportation, transportation management, road transport.

Организационно-производственная структура автотранспортного управления – это внутреннее устройство организации, фирмы, объединения и т.п. с точки зрения управления производством [1, 2]. Для автомобильного транспорта это управление перевозками и обслуживанием транспорта, такими как базы централизованного обслуживания (БЦТО), станции технического обслуживания (СТО), гаражи (стоянки), автозаправочные станции (АЗС).

Деятельность транспорта невозможно спланировать и оценить без комплекса показателей, измеряющих количество и качество его работы. Объективное существование различных видов транспорта и их различных характеристик находят свое отражение в отличие от показателей, оценивающих работу каждого вида транспорта. Поэтому на каждом виде транспорта имеется своя система показателей, отражающих его специфику.

В настоящее время нет единой для всех транспортных отраслей системы показателей, хотя ее необходимость давно признана. Однако есть отдельные группы показателей, которые являются едиными для всех видов транспорта и используются при решении задач планирования, координации и взаимодействия транспортных отраслей и учета на региональном и государственном уровнях.

К одной из таких групп относятся, прежде всего, следующие основные показатели перевозочной работы грузового транспорта:

- перевозки грузов в тоннах;
- грузооборот в тонно-километрах.

Эти показатели являются натуральными. Они должны объективно отражать количество и качество транспортной продукции и подчинять работу транспорта главной цели – достижению положительных конечных результатов, т.е. в удовлетворении потребностей в перевозках населения и снижении транспортных издержек.

Однако этим требованиям в полной мере указанные показатели не удовлетворяют в силу того, что понятия работы и продукции транспорта не являются тождественными. В этой связи возникают дискуссии о необходимости разграничения продукции и работы транспорта и установления отдельной системы учета их выполнения.

На современном этапе остроту данного вопроса определяют задачи, выдвинутые в области совершенствования управления и повышения уровня хозяйствования [3, 4]. Поэтому на всех уровнях руководства экономикой необходимо внедрять более совершенные показатели, дифференцированные с учетом специфики отраслей.

Ориентация транспортного комплекса на конечные более высокие общественные результаты предопределяется необходимостью обеспечения социально-экономических условий развития общества. Это обстоятельство требует сбалансировать возможности транспорта с потребностями других отраслей материального производства [5, 6].

Исходя из данных о техническом состоянии подвижного состава, для оценки его работы можно рассчитать показатели эффективности работы транспорта на маршрутах доставки продукции.

Показателем, характеризующим готовность подвижного состава к транспортной работе, является коэффициент технической готовности. Его определяют делением количества технически исправных автомобилей на списочное количество автомобилей, имеющих в автотранспортном предприятии [7, 8].

Выпуск подвижного состава на линию характеризуется коэффициентом выпуска, который определяется отношением количества дней, фактически отработанных автомобилем, к количеству дней работы автотранспортного предприятия.

Не менее важным фактором оценки работы транспорта является продолжительность работы автомобиля на линии, определяемая фактическим временем пребывания автомобиля на линии с момента выхода из гаража и до его возвращения. Этот показатель зависит от режима работы автотранспортного предприятия, характера транспортной работы, а также от времени работы пунктов получения и доставки грузов и расстояния, на котором перевозят груз. Повышение этого показателя достигается созданием бригад водителей, организацией двух- и трехсменной работы автомобилей, сменой водителей на линии и заменой в выходные дни основного водителя подменным.

Большое влияние на повышение показателей работы оказывает скорость движения, т.е. пробег автомобиля в километрах, выполненный за один час. Различают техническую и эксплуатационную скорость автомобиля, которые зависят от разных факторов.

Одним из технико-эксплуатационных показателей работы подвижного состава является пробег автомобиля. Он выражается в километрах, пройденных автомобилем, и состоит из нулевого пробега, пробега автомобиля с грузом и пробега без груза. Производительным пробегом является только пробег с грузом. Пробег без груза бывает во время движения между пунктами разгрузки и погрузки. Нулевой пробег – пробег автомобиля от гаража до первого пункта погрузки и от последнего пункта разгрузки до гаража.

Большое значение в повышении эффективности работы автомобиля имеет коэффициент использования пробега. Его определяют делением пробега автомобиля с грузом на общий пробег.

На повышение производительности работы автомобилей большое влияние оказывает коэффициент использования грузоподъемности, определяемый делением массы фактически перевезенного груза на грузоподъемность автомобиля.

Работа грузового автомобиля учитывается в тонно-километрах и определяется произведением количества перевезенного груза в тоннах на пробег, выраженный в километрах. Количество тонно-километров определяют за каждую езду отдельно, а потом суммируют за всю смену [8, 9].

Авторы проанализировали организационную систему учета показателей транспортного обслуживания производственной деятельности ООО «Кисловодский хлебокомбинат». На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

– ООО «Кисловодский хлебокомбинат» одно из крупнейших производственных предприятий в отрасли города-курорта Кисловодска;

- на предприятии эффективно выстроена система организации транспортного процесса, которая учитывает специфику перевозимого груза;
- списочный состав автомобильного транспорта насчитывает порядка 37 автомобилей. Некоторые автомобили превышают плановый срок эксплуатации и требуют замены на более новые.
- маршрутная сеть доставки грузов составлена на основе договоров на перевозку и имеет обширную географию в пределах Северо-Кавказского федерального округа.
- показатели эффективности работы ТС на линии соответствуют нормативным значениям, что говорит об эффективной работе водителей-экспедиторов и руководителя автотранспортного управления
- анализ грузопотоков и грузооборота за отчетный период дает основание для совершенствования организации транспортного хозяйства, ликвидации чрезмерно дальних перевозок, встречных, возвратных, пустых и не полностью загруженных транспортных средств.

Литература:

1. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Мелещенко О.И. Совершенствование транспортного обслуживания производственной деятельности агропромышленных предприятий // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 1. – С. 77–83.
2. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Денисова А.С. Особенности функционально-стоимостного анализа на автомобильном транспорте // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 3. – С. 212–219.
3. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Мелещенко О.И., Папазян М.В. Стратегическое планирование финансовой деятельности автотранспортного предприятия // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 3. – С. 76–78.
4. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Денисова А.С. Применение функционально-стоимостного анализа для повышения эффективности автотранспортной деятельности // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2015. – № 1. – С. 83–84.
5. Князев Р.И., Коновалова Т.В., Мелещенко О.И., Надирян С.Л., Папазян М.В. Стратегическое планирование организации эффективного взаимодействия служб и подразделений автотранспортного предприятия : сборник: Перспективы развития и безопасность автотранспортного комплекса / Материалы IV Международной научно-практической конференции; ответственный редактор С.И. Климашин. – 2014. – С. 129–132.
6. Коновалова Т.В., Мелещенко О.И. Методика повышения эффективности транспортного обслуживания производственной деятельности предприятий агропромышленного комплекса // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2014. – № 12–3. – С. 94–96.
7. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Рынок транспортных услуг и качество транспортного обслуживания. – Краснодар, 2015.
8. Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Денисова А.С. К вопросу о влиянии транспорта на технологический процесс производственных предприятий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 4. – С. 77–79.
9. Мелещенко О.И., Коновалова Т.В. Оценка эффективности транспортного обслуживания производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10 (171). – С. 244–246.

References:

1. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Meleshchenko O.I. Improvement of transport service of production activity of the agro-industrial enterprises // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2014. – No. 1. – P. 77–83.
2. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Denisova A. S. Features of the functional and cost analysis on the motor transport // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 3. – P. 212–219.
3. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Meleshchenko O.I., Papazyan M.V. Strategic planning of financial activity of the motor transportation enterprise // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 3. – P. 76–78.
4. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Denisova A.S. Application of the functional and cost analysis for increase in efficiency of motor transportation activity // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2015. – No. 1. – P. 83–84.

5. Knyazev R.I., Konovalova T.V., Meleshchenko O.I., Nadiryan S.L., Papazyan M.V. Strategic planning of the organization of effective interaction of services and divisions of the motor transportation enterprise : collection: Prospects of development and safety of a motor transportation complex / Materials IV of the International scientific and practical conference; editor-in-chief of S.I. Klimashin. – 2014. – P. 129–132.

6. Konovalova T.V., Meleshchenko O.I. Technique of increase in efficiency of transport service of production activity of the enterprises of an agro-industrial complex // Humanitarian, social and economic and social sciences. – 2014. – No. 12–3. – P. 94–96.

7. Konovalova T.V., Kotenkova I.N. Market of transport services and quality of transport service. – Krasnodar, 2015.

8. Konovalova T.V., Nadiryan S.L., Denisova A. S. To a question of influence of transport on technological process of manufacturing enterprises // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 4. – P. 77–79.

9. Meleshchenko O.I., Konovalova T.V. Otsenk of efficiency of transport service of production activity of the agricultural enterprises // Bulletin of the Orenburg state university. – 2014. – No. 10 (171). – P. 244–246.

УДК 656.0

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

PROBLEMS OF SECURING ROAD TRAFFIC SAFETY IN THE RUSSIAN FEDERATION

Изыумский А.А.

Кубанский государственный
технологический университет

Коток В.С.

Кубанский государственный
технологический университет

Мотренко Я.А.

Кубанский государственный
технологический университет
kopidd@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы нормативно-правовой базы в области обеспечения безопасности дорожного движения. Представлены основные направления по предотвращению смертности на дорогах нашей страны. Даны рекомендации по изменению общественного мнения в сторону повышения ответственности участников дорожного движения и широкого освещения вопросов безопасности дорожного движения в средствах массовой информации.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, аварийность, транспортная система, демография, общество.

Izyumsky A.A.

Kuban state technological university

Kotok V.S.

Kuban state technological university

Motrenko Y.A.

Kuban state technological university
kopidd@mail.ru

Annotation. The article deals with the regulatory and legal framework in the field of road safety. The main directions for the prevention of mortality on the roads of our country are presented. Recommendations are given to change public opinion in the direction of increasing the responsibility of road users and broad coverage of road safety in the mass media.

Keywords: road safety, accident rate, transport system, demography, society.

Решение демографических, экономических и социальных проблем, повышения качества жизни невозможно без решения проблем в области безопасности дорожного движения.

Аварийность на автомобильном транспорте это существенный экономический и моральный ущерб, как отдельным гражданам, так и обществу в целом.

Анализ статистических данных свидетельствует, что ежегодно в Российской Федерации в результате дорожно-транспортных происшествий погибают или получают ранения около 300–350 тыс. человек [1].

В настоящее время Российская Федерация отстает от лучших стандартов безопасности дорожного движения в разы. Транспортные риски у нас настолько высоки, что Россия входит в десятку стран с высоким уровнем транспортных рисков, на которую приходится более половины от общего числа смертей на дорогах мира.

Одной из главных причин сложившейся ситуации являлась слабое внедрения зарубежного опыта обеспечения безопасности дорожного движения в отечественную практику. В последние годы наметились позитивные сдвиги в данном направлении.

По инициативе Российской Федерации в Организации Объединенных Наций был одобрен ряд соответствующих резолюций, одна из которых – «Повышение безопасности дорожного движения в мире».

Правительством была принята программа о провозглашении «2011–2020 годов Десятилетием действий по обеспечению безопасности дорожного движения с целью стабилизации и последующего сокращения прогнозируемого уровня смертности в результате дорожно-транспортных происшествий во всем мире путем активизации деятельности на национальном, региональном и глобальном уровнях». Результатом данной программы стала частичная стабилизация и последующее некоторое сокращение прогнозируемого уровня смертности и травматизма в результате ДТП к 2020 году [2].

В качестве приоритетов социально-экономического развития Российской Федерации приняты документы обеспечивающие безопасности дорожного движения на транспорте.

Цели повышения уровня безопасности транспортной системы, снижения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий, числа пострадавших и погибших в них людей также обозначены и в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [3].

Для эффективного решения проблем, связанных с дорожно-транспортной аварийностью и обеспечения снижения ее показателей до уровня развитых стран мира, было принято решение о необходимости продолжения системной реализации мероприятий по повышению безопасности дорожного движения и их обеспеченность финансовыми ресурсами. В связи с чем, в 2013 году вступила в силу Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» [4].

С учетом обоснованной необходимости продолжения работы в области обеспечения безопасности дорожного движения в рамках Программы, в ней были скорректированы и сформулированы приоритетные мероприятия по повышению безопасности дорожного движения, обоснованно и системно воздействующих на причины аварийности.

Целью Программы является сокращение смертности от дорожно-транспортных происшествий к 2020 году на 25 процентов по сравнению с 2010 годом. Однако первый этап программы завершился в 2015 году, и заявленные мероприятия не выполнены или выполнено частично.

Первый этап реализован в виде мероприятий представленный на рисунке 1.

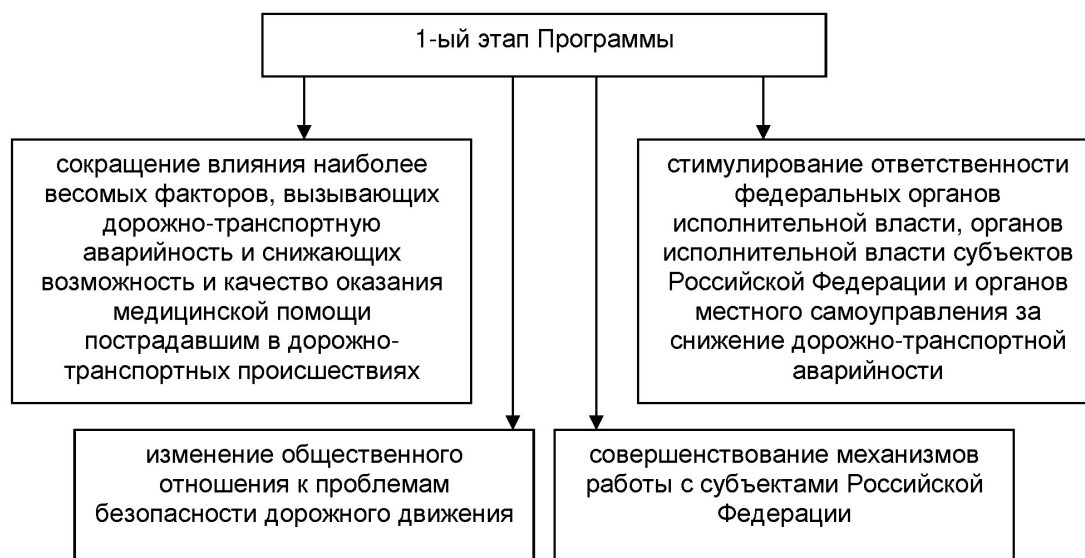


Рисунок 1 – Мероприятия реализованные в рамках 1-го этапа Программы

Правительство пошло по пути быстрых и простых решений, направленных на ужесточении санкций за те или иные правонарушения в области обеспечения безопасности дорожного движения. Это привело лишь к локальным и незначительным улучшениям, в целом вызвав негативное отношение к проводимой политики.

Ужесточилась административная ответственность, в первый полугодовой период времени отмечалось снижение числа нарушений правил дорожного движения и количества ДТП; однако в последующем наступало постепенное привыкание участников дорожного движения к новым санкциям и все возвращалось на круги своя [5].

Ужесточение привело к излишней агрессии среди участников дорожного движения. Поэтому специалисты предлагают начинать с изменения общественного отношения к проблемам безопасности дорожного движения.

Опыт стран Западной Европы, подсказывает нам, что начинать надо с борьбы с тремя «D»: Dangerous, Drunk and Drugged Driving. На первом месте подразумевается «Dangerous Driving» (опасное вождение), поскольку именно опасное поведение води-

телей становится причиной большинства дорожно-транспортных происшествий. Помимо «правила трех D» в развитых странах существует множество правил и инструкций, которые нам стоит перенимать.

Давно ожидаемо обществом – это равенство всех участников движения. Видна необходимость внесения законодательных поправок о единообразном применении Правил дорожного движения. Законодательство в этом плане пока неизменно и остается на своих позициях, что ставит под сомнение всю ФЦП-2020.

Изменение общественного отношения к проблемам безопасности дорожного движения, возможно только с активным развитием гражданского контроля в сфере безопасности дорожного движения [6].

Положительные подвижки в этом направлении за последние годы наметились. Во многих субъектах страны активно работают такие проекты как «Гражданский патруль», «Народный инспектор» [7]. Минусом является отсутствие правоприменительной практики в сфере работы этих организаций.

Необходимо формировать правосознание, транспортную дисциплину и культуру участников дорожного движения» [8]. Взаимное уважение участников движения на дороге, воспитание дорожной грамотности, социальная реклама в средствах массовой информации., внедрение рейтинговых телевизионных программ, ориентированных на формирование положительной модели поведения участников дорожного движения, должны отложить в сознании общества необходимость соблюдения правил и норм поведения на дороге.

Подводя итог вышеперечисленному, можно наметить основные пути повышения безопасности дорожного движения, представленные на рисунке 2.



Рисунок 2 – Основные пути повышения безопасности дорожного

Повсеместная работа с населением по разъяснению политики государства в области обеспечения безопасности дорожного движения должна стать приоритетной задачей государственных органов.

Литература:

1. Официальный сайт Госавтоинспекции МВД России. – URL : <http://www.gibdd.ru> (дата обращения: 04 марта 2015 г.).
2. Повышение безопасности дорожного движения во всем мире : Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей /A/RES/64/255.

3. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года : Распоряжение Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р (в ред. распоряжения Правительства РФ от 11 июня 2014 г. № 1032-р) // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 50. – Ст. 5977. – № 52 (Ч. 2).

4. О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» : Постановление Правительства РФ от 3 октября 2013 г. № 864 (в ред. постановления Правительства РФ от 6 ноября 2014 г. № 1167) // Собрание законодательства РФ. – 2013. – № 41. – Ст. 5183.

5. Россинский Б.В. Административные наказания в сфере дорожного движения и аварийность на автомобильном транспорте // Административное право и процесс. – 2014. – № 5. – С. 8–17.

6. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. № 195-ФЗ (ред. от 08.03.2015 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 1 (Ч. 1). – Ст. 1.

7. Конституция Российской Федерации (принята на всенародном голосовании 12 декабря 1993 г.) (с учетом поправок, внесенных законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30 декабря 2008 г. № 6-ФКЗ, от 30 декабря 2008 г. № 7-ФКЗ, от 5 февраля 2014 г. № 2-ФКЗ, от 21 июля 2014 г. № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009. – № 4. – Ст. 445.

8. Из выступления председателя Правительства Российской Федерации Дмитрия Анатольевича Медведева на встрече с экспертами по вопросам повышения безопасности дорожного движения. – URL : <http://echo.msk.ru/blog/echomsk/1042038-echo/> (дата обращения: 11.03.2015 г.).

References:

1. Official site of the State traffic inspectorate of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. – URL : <http://www.gibdd.ru> (date of the address: On March 04, 2015).

2. Increase in traffic safety around the world: The resolution adopted by the General Assembly / A/RES/64/255.

3. The transport strategy of the Russian Federation until 2030: The order of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 No. 1734-r (in an edition of the order of the Government of the Russian Federation of June 11, 2014 No. 1032-r) // the Collection of the legislation of the Russian Federation. – 2008. – No. 50. – Art. 5977. – No. 52 (P. 2).

4. About the federal target program «Increase in traffic safety in 2013–2020» : The resolution of the Government of the Russian Federation of October 3, 2013 No. 864 (in an edition of the resolution of the Government of the Russian Federation of November 6, 2014 No. 1167) // the Collection of the legislation of the Russian Federation. – 2013. – No. 41. – Art. 5183.

5. Rossinsky B.V. Administrative punishments in the sphere of traffic and accident rate on the motor transport // Administrative law and process. – 2014. – No. 5. – P. 8–17.

6. The Russian Federation Code of Administrative Offences of December 30, 2001 No. 195-FZ (an edition from 3/8/2015) // the Collection of the legislation of the Russian Federation. – 2002. – No. 1 (P.1). – Art. 1.

7. The constitution of the Russian Federation (it is accepted on national vote on December 12, 1993) (taking into account the amendments made by laws of the Russian Federation on amendments to the Constitution of the Russian Federation of December 30, 2008 No. 6-FKZ of December 30, 2008 No. 7-FKZ, of February 5, 2014 No. 2-FKZ, of July 21, 2014 No. 11-FKZ) // the Russian Federation Code. – 2009. – No. 4. – Art. 445.

8. From a speech of the Russian Prime Minister Dmitry Anatolyevich of Medvedev at a meeting with experts in increase in safety of traffic. – URL : <http://echo.msk.ru/blog/echomsk/1042038-echo/> (date of the address: 3/11/2015).

УДК 528

ИЗУЧЕНИЕ ТАХЕОМЕТРА: ОТ ПРОСТОГО К СЛОЖНОМУ

STUDYING OF THE TACHEOMETER: FROM SIMPLE TO DIFFICULT

Калинин Владислав Александрович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Грибкова Лариса Алексеевна

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

Аннотация. Данная статья посвящена изучению конкретного инструмента для того, чтобы понять принцип работы и основные части тахеометра.

Ключевые слова: определение, принцип работы, основные части, доп. Части, начало работы, юстировки.

Kalinin Vladislav Aleksandrovich
Student,
Kuban state technological university

Gribkova Larisa Alekseevna
Assistant to department
inventory and geoengineering,
Kuban state technological university
Larisa.gri2012@mail.ru

Annotation. This article is devoted to the study of a special tool for to understand the principle of work and basic part of Total station.

Keywords: definition, principle work, main parts, add. Parts, start of work, alignment.

Определение

Тахеометр – геодезический прибор, позволяющий быстро и с высокой точностью получить съемку заданного участка «в плане» с полной картиной рельефа.

Принцип работы

Принцип работы электронного тахеометра основывается либо на фазовом методе, либо, в более современных моделях, на импульсном методе. Первый метод заключается в разности фаз между проецируемым и возвращенным лучами, второй – на времени, за которое лазерный луч проходит от тахеометра к отражателю и возвращается назад. Дистанция, на которой прибор способен работать в безотражательном режиме, зависит от окраса поверхности, на которую проецируется луч – светлые и гладкие поверхности увеличивают дистанцию работы тахеометра по сравнению с темными в несколько раз, однако она не превысит 1 000–1 200 м. Линейная дальность измерений в отражательном режиме – не менее 5 000 м. Для работы с тахеометром нужна специальная отражающая рейка, веха. Современные электронные тахеометры могут измерять расстояния до 5 км, а работать в безотражательном режиме (без вехи) до 100 м. Программное обеспечение тахеометра позволяет превратить инструмент в мини-компьютер, который способен на выполнение любых геодезических работ, основными из которых являются:

- горизонтальная и вертикальная съемка;
- вынос в натуру участков, дуги дорог;
- разбивка строительных осей;
- архитектурные промеры;
- вычисление площадей и объемов земляных работ;
- определение недоступных расстояний и многое другое.

Основные части

Устройство тахеометра как и теодолит, электронный тахеометр устанавливается на штативе. Винтами подставки (треггера) инструмент выводится в рабочее положение горизонтально земной поверхности. Для этого на инструменте предусмотрены пузырьки уровней в двух плоскостях, некоторые модели оборудованы электронным уровнем. Инструмент оборудован системой компенсаторов, которые выравнивают уст-

ройство при неточной центрировке. Если тахеометр установлен неточно, или в процессе работы произошло нарушение горизонтальности, автоматика прекратит набирать отсчеты, и выдаст предупреждающее сообщение. Для работы тахеометра необходим аккумулятор, емкости которого обычно хватает на 6 часов непрерывной съемки. Для условий Крайнего Севера существуют морозоустойчивые модели, так как в обычном исполнении электроника инструмента может давать сбой при температуре ниже $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ключевыми составляющими любого электронного тахеометра являются:

- подъемное трехопорное устройство – трегер;
- пиксельный или сенсорный жидкокристаллический дисплей, отражающий данные измерений и предоставляющий возможность управления ими;
- зрительная труба;
- автономный дальномер или дальномер, совмещенный с системой фокусирования визирной трубы;
- встроенный оптический лазерный отвес – центрир;
- автоматический компенсатор (одноосевой или двухосевой), позволяющий выявить угловое отклонение тахеометра по оси/осям от уровня горизонта: в случае выхода за пределы допустимого диапазона функционирование прибора будет блокировано;
- клавиатура, выполняющая функции панели управления и служащая для ввода данных станции;
- современный мощный микропроцессор;
- встроенная память, обеспечивающая хранение большого объема данных;
- операционные системы Windows SE и Mobile и сопутствующее программное обеспечение, формирующие пользовательский интерфейс и выполняющие проведение полевых замеров и расчетов на их основе;
- в современных цифровых тахеометрах предусмотрен широкий набор интерфейсов связи: USB-порты, Wi-Fi, Bluetooth, картридеры различных типов карт памяти;
- использование в конструкциях современных моделей встроенного GPS-модуля делает возможным определение координат точек стояния с помощью спутниковой навигации;
- аккумуляторные батареи, обеспечивающие интенсивную работу устройства и низкое энергопотребление в течение продолжительного времени.

Дополнительные части

Для достижения всех технических характеристик при измерениях электронными тахеометрами вместе с ними применяется вспомогательное оборудование. Важно отметить, что все дополнительные приспособления желательно подбирать в комплекте с основным прибором одного и того же производителя. Можно привести целый список таких принадлежностей к которым относятся:

- переносной персональный компьютер (ноутбук) для автоматизации всего процесса геодезических полевых и камеральных работ;
- треноги, штативы с широкими головками для удобства установки и крепления тахеометра, тяжелые по весу и изготовленные из дерева или полимеров (фибергласовые);
- шнуровой отвес, предназначенные для выставления штатива над точкой и точного центрирования прибора;
- буссоль, для ориентирования инструмента на местности в сторону северного направления;
- диагональные насадки (крепятся на окуляр), используемые для удобства наблюдений, наведения на значительные углы наклона (до 90°) зрительной трубы;
- разные солнцезащитные фильтры;
- кабель и запоминающие устройства (флеш-память) для передачи данных;
- призмы (минипризмы), для приема и отражения сигналов;
- держатели призм;
- отражатели и отражательные пленки;
- адаптеры регулирования высоты отражателя;

- адаптеры-переходники для внешнего и внутреннего крепления отражателей;
- вехи для видимости отражателей;
- триподы, биподы для установки вехи с отражателем;
- аккумуляторные батареи и зарядные устройства с ним.

Начало работы. Юстировка

Включаем тахеометр, выставляем и центрируем его над точкой при помощи оптического окуляра отвеса. С помощью прицела зрительной трубы визируем цель, зажимными винтами закрепляем корпус, после чего берем отсчёт. В моделях с полноценной клавиатурой к каждой съёмочной точке можно давать короткие пояснительные комментарии. Так как тахеометр – старший брат теодолита, практически у всех моделей самый первый режим работы – режим угловых измерений. Чтобы измерить угол между двумя точками, наводим центр сетки нитей зрительной трубы на первую точку, «обнуляем» угол специальной кнопкой, затем наводим зрительную трубу на вторую точку, при этом на дисплее высвечивается значение градусов и минут. Кнопкой записываем значения в память устройства. Поверки электронных тахеометров. Кроме стандартных проверок геодезических угломерных инструментов необходимо выделить в первых двух пунктах списка и характерные проверки тахеометров:

- лазерного отвеса;
- по определению постоянной поправки светодальномера;
- отвесности оси оптического отвеса;
- перпендикулярности горизонтальной оси и сетки нитей;
- горизонтального положения линии сетки нитей;
- по определению коллимационной погрешности;
- по определению места нуля компенсатора;
- отвесности оси круглого уровня;
- рабочего состояния цилиндрического уровня.

Разновидности тахеометров

Виды электронных тахеометров весьма разнообразны, и их классификация, определяемая свойствами и функциями, достаточно развернута.

- По сферам применения:
 - технические – наиболее простые, предназначенные для решения базовых задач;
 - строительные – обеспечивающие геодезическое сопровождение топографической съёмки;
 - инженерные – сложные профессиональные инструменты для многогранных разбивочных работ, обладающие исключительной точностью получаемых данных и расширенным функционалом.
- По точности вычислений:
 - точные, гарантирующие максимальную точность вычислений;
 - технические, обладающие большей, по сравнению с точными, погрешностью замеров.
- По заложенному методу разбивочных работ:
 - полярный метод;
 - ортогональный;
 - по координатам строительной сетки. Некоторые новейшие профессиональные модели предусматривают автоматическую коррекцию измерений, делают поправки на кривизну земной поверхности и рефракцию, фиксируют точку зенита.

Литература:

1. Грибкова И.С., Логинова П.А., Андриянова З.С., Чеботова А.А., Саид Д.А. Геодезические приборы и технологии при строительстве автомобильных дорог // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 2. – С. 128–132.
2. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров : монография. – Краснодар, 2016.

3. Пастухов М.А., Денисенко В.В., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Определение погрешности геодезических приборов за неправильность формы ЦАПФ и боковое гнутие зрительной трубы // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – №11. – С. 155–171.

4. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А., Муриев Т.А. О прохождении учебной геодезической практики в КубГТУ студентам направлений «Строительство» // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 12. – С. 180–194.

5. Гура Т.А., Мокрицкий А.А. Особенности работы в координатах с использованием линейно-угловой засечки при определении осадок сооружений : сборник: Европейские научные исследования / Сборник статей Международной научно-практической конференции; под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 195–199.

6. Гура Т.А., Глазков Р.Е. Точность и надежность электронных тахеометров // Научные труды КубГТУ. – 2017. – №11(364). – С.90–99.

References:

1. Gribkova I.S., Loginova P.A., Andriyanova Z.S., Chebotova A.A., Said D.A. Geodetic devices and technologies at construction of highways // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 2. – P. 128–132.

2. Zheltko Ch.N., Gur D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. About researches of uglemerny errors of electronic tacheometers : monograph. – Krasnodar, 2016.

3. Pastukhov M.A., Denisenko V.V., Gura D.A., Shevchenko G.G. Definition of an error of geodetic devices for abnormality of the PINS form and side bending of the telescope // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 11. – P. 155–171.

4. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A., Muriyev T.A. About passing of educational geodetic practice in KubGTU to students of the Construction directions // Scientific works of KubGTU. – 2016. – No. 12. – P. 180–194.

5. Gura T.A., Mokritsky A.A. Whether features of work in coordinates with use - a neyno-angular notch when determining a deposit of constructions : collection: European scientific research / Collection of articles of the International scientific and practical conference; under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 195–199.

6. Gura T.A., Glazkov R.E. Tochnost and reliability of electronic tacheometers // Scientific works of KubGTU. – 2017. – No. 11(364). – P. 90–99.

УДК 332

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАНОВ НА ПРЕДМЕТ СООТВЕТСТВИЯ ФОРМЫ И СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

ANALYSIS OF TECHNICAL PLANS FOR COMPLIANCE WITH THE FORM AND CONTENT OF THE REQUIREMENTS OF THE LEGISLATION

Кравченко Эллина Владимировна

кандидат технических наук,
доцент кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
kravchenko.ellina@mail.ru

Серебрякова Валерия Олеговна

магистрант,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. Данная статья посвящена обзору проблем, связанных с заполнением и несоответствием технических планов требованиям законодательству.

Ключевые слова: технический план, единый государственный реестр недвижимости, государственный кадастровый учет.

Kravchenko Ellina Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
kravchenko.ellina@mail.ru

Serebryakova Valeria Olegovna

Undergraduate,
Kuban state technological university

Annotation. This article is devoted to the review of the problems connected with filling and discrepancy of technical plans to requirements to the legislation.

Keywords: technical plan, unified state register of real estate, state cadastral accounting.

Обеспечение Единого государственного реестра недвижимости полноценной и достоверной информацией о состоянии объектов капитального строительства, земельных участков через формирование технического и межевого плана объекта является обязательным условием деятельности, как органов технической инвентаризации, так и кадастровых инженеров [1, 2].

Однако, в процессе формирования технического плана (ТП) кадастровые инженеры (КИ) допускают ошибки, которые в свою очередь можно разделить на две группы:

- ошибки, которые допускают КИ в текстовом формате технического плана;
- ошибки, допускаемые при формировании электронного вида ТП (XML-файла).

В качестве исходной базы было выбрано 952 технических плана за 2017–2018 годы. В результате выполненного анализа материалов было установлено следующее.

В первом квартале 2017 года, наиболее часто встречаемое нарушение заключалось в том, что некоторые КИ указывали несуществующие реквизиты документа, чаще встречались даты, с целью заведения в заблуждение должностных лиц, которые рассматривали такие ТП.

За второй квартал 2017 года были выявлены наиболее часто встречаемые ошибки в ТП, которые допускали КИ при его подготовке. К ним относятся следующие ошибки:

- не предоставлен ТП, который является приложением для разрешения на ввод объекта в эксплуатацию;
- не включена проектная документация;
- в ТП отсутствует поэтажный план;
- поэтажный план представлен не в формате JPEG и отсутствует обоснование использования формата PDF;
- нет декларации или разрешения на ввод объекта в эксплуатацию;
- допущены ошибки при заполнении декларации (разночтения с ТП, отсутствие правоустанавливающих документов).

За третий квартал 2017 года наиболее часто в ТП встречались ошибки следующего характера:

- представленные ТП подготовлены с нарушением требований законодательства;

- пересечены границы объектов недвижимости с другими границами земельных участков;

- не представлены необходимые документы.

По результатам анализа за первый квартал 2018 года был выявлен ряд типичных ошибок, которые допускают КИ при подготовке ТП, которые послужили причиной для приостановления или отказа в осуществлении ГКУ. К часто встречаемым ошибкам за этот период относятся следующие:

- подготовленные ТП не соответствуют требованиям законодательства РФ в области требований к таким документам;

- пересечены границы объектов недвижимости с другими соседними земельными участками, другими объектами недвижимости или границами населенных пунктов;

- нарушен порядок согласования границ;

- отсутствуют необходимые документы для осуществления ГКУ.

В результате изучения наиболее часто встречаемых ошибок, которые допускают КИ при подготовке ТП вне зависимости от объекта недвижимости в отношении которого подготавливается данный документ КИ следует обратить свое внимание на следующие типичные ошибки:

- часто документ не проходит форматно-логический контроль;

- в ТП не правильно определен вид кадастровых работ, выполняемых КИ;

- ТП представленный в форме XML-схемы на данный момент времени может быть уже не актуальным, необходимо следить за актуальными версиями XML-схем, данные требования к этим схемам есть на сайте Росреестра специально для КИ;

- в ТП указан неверно вид разрешенного использования объекта.

Обработав полученные результаты, мы пришли к выводу, что наиболее распространенными причинами кадастровых ошибок при составлении ТП являются следующие:

- использование КИ устаревшего оборудования и выполнение кадастровых работ без привязки к государственной системе координат, в итоге это приводит к отсутствующей привязки к местности;

- непрофессионализм КИ;

- невнимательность;

- неисправность оборудования, которое использует КИ.

Ошибки могут быть допущены по самым различным причинам, но какова бы не была причина таких ошибок они все равно подлежат исправлению. Одним из условий устранения и исправления таких ошибок является информационное взаимодействие органа государственной регистрации и учета с участниками кадастровой деятельности [3, 4]. Не исправленные или не обнаруженные в свое время допущенные кадастровые ошибки влекут за собой неприятные последствия такие, как:

- невозможность постановки объекта на ГКУ, внесение изменений об объекте, снятие с ГКУ объекта;

- зарегистрировать право собственности;

- сложности при продаже объекта недвижимости.

Литература:

1. Варченко Н.Ф., Будагов И.В., Кравченко Э.В. Анализ проблем ОТИ на современном этапе // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 11. – С. 430–438.

2. Будагов И.В., Кравченко Э.В. Анализ эффективности использования городских земель : сборник: Глобализация экономики и российские производственные предприятия / Материалы 14-ой Международной научно-практической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова (г. Новочеркасск), МГТУ имени Баумана (г. Москва), МГТУ «Станкин» (г. Москва). – 2016. – С. 14–16.

3. Пчелинцева А.С., Кравченко Э.В., Будагов И.В. Анализ законодательной базы информационного взаимодействия между органами кадастрового учета и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации на примере Краснодарского края // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 1. – С. 64–66.

4. Пчелинцева А.С., Кравченко Э.В., Будагов И.В. Совершенствование информационного взаимодействия между органами кадастрового учета и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации на примере Краснодарского края // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2014. – № 1. – С. 67–68.

References:

1. Varchenko N.F., Budagov I.V., Kravchenko E.V. The analysis of problems of OTI at the present stage // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 11. – P. 430–438.

2. Budagov I.V., Kravchenko E.V. Analysis of efficiency of use of city lands : collection: Globalization of economy and Russian manufacturing enterprises / Materials of the 14th International scientific and practical conference. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; Southern Russian state polytechnical university (NPI) of M.I. Platov (Novocherkassk), MSTU of Bauman (Moscow), MSTU of Stankin (Moscow). – 2016. – P. 14–16.

3. Pchelintseva A.S., Kravchenko E.V., Budagov I.V. The analysis of the legislative base of information exchange between bodies of the cadastral registration and executive authorities of territorial subjects of the Russian Federation on the example of Krasnodar Krai // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 1. – P. 64–66.

4. Pchelintseva A.S., Kravchenko E.V., Budagov I.V. Improvement of information exchange between bodies of the cadastral registration and executive authorities of territorial subjects of the Russian Federation on the example of Krasnodar Krai // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2014. – No. 1. – P. 67–68.

УДК 691.34

МОДИФИКАЦИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОНА, ПРИ ПОМОЩИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

MODIFICATION OF A KERAMZITOBETON, BY MEANS OF POLYVINYLCHLORIDE

Крамаренко Аркадий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГС»,
Тольяттинский государственный университет

Власов Станислав Александрович

студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы модификации бетонов высокомолекулярными соединениями в частности вторичным поливинилхлоридом (ПВХ) – мелко измельченный отход производства дренажных гофрированных труб фракции 0,006–0,15 мм, более 90 % которых составляет ПВХ.

Ключевые слова: модификация, бетоны, керамзитобетон, поливинилхлорид.

Kramarenko Arkady Viktorovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor of «PGS»,
Togliatty State University

Vlasov Stanislav Aleksandrovich

Student,
Togliatty State University

Annotation. In article questions of modification of concrete by high-molecular connections in particular secondary polyvinylchloride (PVC) – small crushed withdrawal of production of drain corrugated tubes of fraction of 0,006–0,15 mm which more than 90 % make PVC are considered..

Keywords: modification, concrete, expanded clay concrete, polyvinylchloride.

Модификация [1] бетонов высокомолекулярными соединениями – распространенный и достаточно изученный способ улучшения их деформативно-прочностных свойств, коррозионной стойкости и морозостойкости. Введение твердых отходов термопластов в состав бетонной смеси сравнительно малоизученный прием модификации легких бетонов, так как имеющиеся в наличии твердые полимерные отходы перерабатываются, как правило, в те же изделия, что и товарный продукт: пленку, трубы, окна и двери, профильные изделия и предметы ширпотреба. Для модификации структуры керамзитобетона был использован вторичный поливинилхлорид (ПВХ) – мелко измельченный отход производства дренажных гофрированных труб фракции 0,006–0,15 мм, более 90 % которых составляет ПВХ.

Для снижения хрупкости композиции, обеспечения равномерности перемешивания и снижения температуры плавления ПВХ предварительно смешивается с дибутилфталатом (ДБФ), выдерживается не менее 6 часов, после чего вводится в состав бетонной смеси на стадии перемешивания заполнителей.

Поливинилхлорид принадлежит к группе термопластичных пластмасс и предназначена для изготовления изделий методом экструзии, каландрирования, прессования, вальцевания, литья под давлением.

Для равномерного распределения отходов ПВХ в бетонной смеси и последующего оплавления при термообработке приняли наиболее распространенный и доступный пластификатор – дибутилфталат (ДБФ) ГОСТ 8728-88 «Пластификаторы. Технические условия». ДБФ – дибутиловый эфир ортофталевой кислоты, эмпирическая формула C₁₆H₂₂O₄. В экспериментах использовался ДБФ, 1-го сорта.

Для приготовления керамзитобетона [2, 3, 4, 5], в качестве крупного заполнителя применялся керамзитовый гравий крупностью зерен 5–20 мм, марки по насыпной плотности 600 кг/м³.

В качестве мелкого заполнителя была применена смесь дробленого и обжигового керамзитового песка в соотношении по объему 1:3, песок кварцевый (речной) и карбонатный. При этом модуль крупности составлял соответственно 1,9:1,5:1,4. Насыпная плотность песков: дробленого керамзитового, кварцевого и карбона составляла соответственно 950, 1400, 1310 кг/м³, насыпная плотность обжигового керамзитового песка – 650 кг/м³. Бетонные смеси приготавливали на портландцементе марки 400.

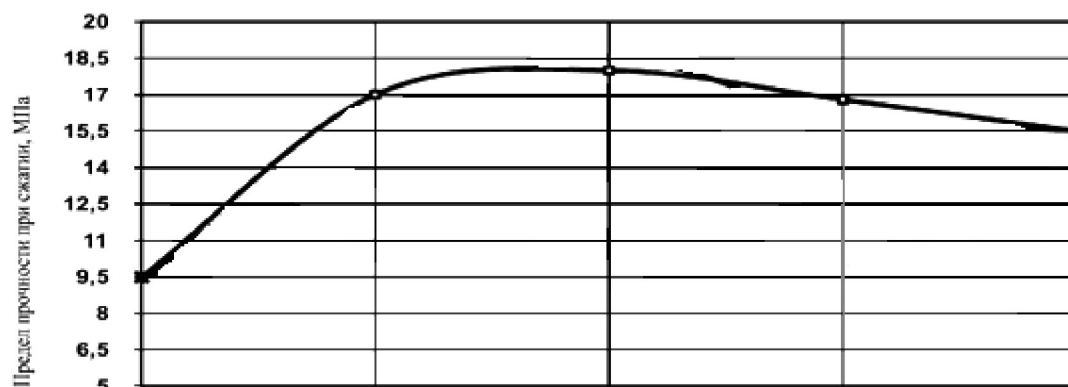
Прочностные и деформативные свойства керамзитобетона с добавкой ПВХ изучали в соответствии с ГОСТ 24452-80 «Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона» и «Методических рекомендаций по определению основных механических характеристик бетонов при кратковременном и длительном нагружении». При этом были определены следующие характеристики: кубиковая прочность, средняя плотность, призмочная прочность, прочность на растяжение, начальный модуль упругости, коэффициент Пуассона, предельные деформации, ползучесть и усадка, а также коэффициент теплопроводности, и показатели морозостойкости.

В качестве объекта модификации выбраны керамзитобетоны М75 ... М100 (В5 ... В75) на различных песках: кварцевом, карбонатном и дробленном керамзитовом. Выбор различных типов песков обусловлен необходимостью расширить номенклатуру модифицированных бетонов. Контрольные составы бетонов плотной и поризованной структуры приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Контрольные составы бетонов плотной и поризованной структуры

М	Бетон	Цемент, кг	Керамзит	Песок, л	Вода, м	Добавки, %
1	Плотный М100 (В7, 5)	250	520	480	200	–
2	Поризованный М75 (В5, 0)	240	580	340	180	0,2

Опытные формовки, проведенные на различных видах песков показали, что введение отходов ПВХ свыше 35 кг/м³ в состав бетонной смеси нецелесообразно, так как это не приводит к существенному увеличению прочности керамзитобетона. Результаты исследований представлены на рисунке 1.



Изменение плотности бетонов на кварцевом и керамзитовом песках при увеличении содержания ПВХ в целом также характеризуется экстремальными зависимостями с максимумом, приходящимся на содержание ПВХ в количестве 35 кг/м³ или около 60 л/м³. При этом следует отметить, что при увеличении плотности бетонов менее чем на 200 кг/м³, прочность при сжатии практически удваивается. Снижение плотности бетона при увеличении концентрации ПВХ вызвано разуплотнением структуры бетона выделяющимися в большом объеме газообразными продуктами.

Литература:

1. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Модификация гипсоцементно-пуццолановых вяжущих магниальным цементом // Научный альманах. – 2017. – № 3–3 (29). – С. 61–63.
2. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццолановых вяжущих // Символ науки. – 2017. – Т. 2. – № 3. – С. 49–51.
3. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе магниального цемента // Инновационная наука. – 2017. – № 5 – С. 61–63.
4. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закаливания // Символ науки. – 2017. – № 5 – С. 203–205.

5. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе магнезиального цемента // Инновационная наука. – 2017. – № 5 – С. 61–63.

References:

1. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Modification gipsotsementno-puzzolanovy knitting magnesian cement // the Scientific almanac. – 2017. – No. 3–3 (29). – P. 61–63.
2. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolanovy knitting // a science Symbol. – 2017. – T. 2. – No. 3. – P. 49–51.
3. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolanovy knitting on the basis of magnesian cement // Innovative science. – 2017. – No. 5 – P. 61–63.
4. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with additive of phosphoric slag of autoclave hardening // Symbol of science. – 2017. – No. 5 – P. 203–205.
5. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolanovy knitting on the basis of magnesian cement // Innovative science. – 2017. – No. 5 – P. 61–63.

УДК 691.34

ВЛИЯНИЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА НА СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА

INFLUENCE OF LOW-MOLECULAR POLYETHYLENE ON THE PROPERTIES OF CONSTRUCTION EXCLAY CONCRETE

Крамаренко Аркадий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГСигХ»,
Тольяттинский государственный университет
avk5@bk.ru

Прокофьева Юлия Анатольевна

студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрен вопрос по исследованию прочностных характеристик керамзитобетона, в частности водопоглощения, на основе низкомолекулярного полиэтилена.

Ключевые слова: керамзитобетон; низкомолекулярный полиэтилен; водопоглощение.

Kramarenko Arkady Viktorovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor «PGSiGH»,
Togliatty State University
avk5@bk.ru

Prokofieva Julia Anatoljevna

Student,
Togliatty State University

Annotation. In this article, the question of the study of the strength characteristics of expanded claydite, in particular water absorption, based on low molecular weight polyethylene.

Keywords: exclay concrete; low molecular weight polyethylene; water absorption.

В настоящее время, благодаря политике правительства РФ, происходит активное развитие технологического прогресса практически по всем направлениям. Отрасль строительства не является исключением. Целенаправленно ведется работа по разработке и внедрению новых эффективных строительных материалов и изделий. Некоторые из них применяются для возведения ограждающих конструкций зданий и должны обладать достаточно низкой теплопроводностью при требуемой прочности и морозостойкости.

Анализ многочисленных источников показывает, что решение актуальной проблемы ресурсо- и энергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений максимально кроется в комплексном использовании легких бетонов нового поколения. То есть традиционное применение легких бетонов не только в ограждающих самонесущих конструкциях зданий, но и в их несущих конструкциях. Это способствует полному применению таких бетонов в конструктивной и технологической системе зданий.

Одним из наиболее распространенных представителей является керамзитобетон. Он обладает небольшим весом и неплохими прочностными характеристиками. Именно поэтому является универсальным строительным материалом. Область применения его в современном строительстве достаточно обширна (начиная от стен и перегородок и заканчивая перекрытиями и полами).

Как и любой строительный материал, он имеет свои преимущества и недостатки. Одним из таких отрицательных свойств является недостаточная, в некоторых сферах использования, способность противостоять атмосферным влияниям, а именно воздействию воды.

Вода и различные вещества, содержащиеся в ней, наносят немалый вред зданиям и сооружениям. Это способствует разрушению материала из-за ее попадания в поры, которые составляют значительный процент структуры. Проникнув в поры вода может привести к частичному и полному разрушению. Ведь в водонасыщенных порах при отрицательной температуре вода превращается в лед, при этом расширяясь в объеме. Структура материала разрушается, уменьшая при этом стенки пор. В этом случае необходимо предусматривать мероприятия по защите от воздействия воды.

Нами предлагается частично решить данную проблему путем добавления в керамзитобетон продукта многотоннажного производства синтеза полиэтилена высокого давления – низкомолекулярного полиэтилена для снижения водопоглощения.

Низкомолекулярный полиэтилен представляет собой воскоподобную массу, цветовая гамма которого колеблется от светлого серого до коричневого цвета, с температурой плавления 70–90 °С. Обладает устойчивой структурой и свойствами похожими на свойства полиамидов. Из этого вида полиэтилена можно получить достаточно прочные волокна на синтетической основе. Результаты испытаний влияния низкомолекулярного полиэтилена на керамзитобетон представлены ниже на рисунке 1.

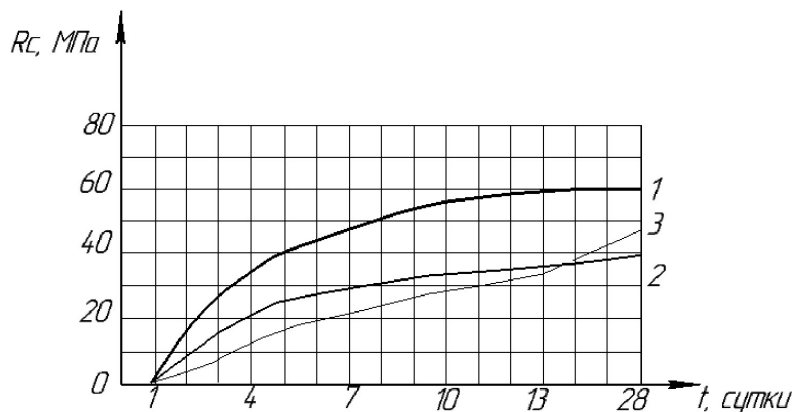


Рисунок 1 – Зависимость влияния низкомолекулярного полиэтилена на прочность при сжатии керамзитобетона с течением времени:

- 1 – керамзитобетон с низкомолекулярным полиэтиленом в количестве 2,5 % от массы цемента;
- 2 – керамзитобетон с низкомолекулярным полиэтиленом в количестве 0,5 % от массы цемента;
- 3 – керамзитобетон без добавки

Влияние низкомолекулярного полиэтилена на водопоглощение керамзитобетона представлено на рисунке 2.

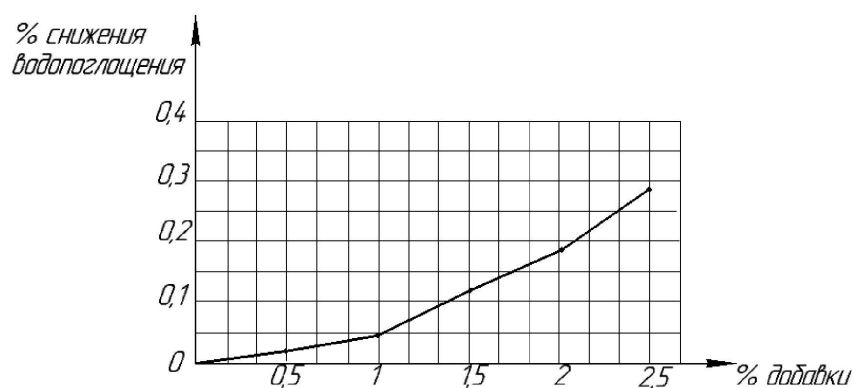


Рисунок 2 – Зависимость влияния низкомолекулярного полиэтилена на водопоглощение керамзитобетона

Выбор исследуемого полимера также обусловлен доступностью, в связи с его производством отечественными химическими предприятиями. В его пользу говорит и тот факт, что применение данного материала решает задачу частичной утилизации химических веществ, как отходов производства, способствует снижению себестоимости получаемого ингредиента.

В ходе испытания, образец полимерной добавки вводили в керамзитобетонную смесь в количестве 0,5–2,5 % от массы керамзитобетона, это позволило определить показатель влияния водопоглощения керамзитобетонной смеси. По результатам испытаний можно сделать вывод о том, что низкомолекулярный полиэтилен способствует повышению волокнистых, гелеобразных гидросиликатов кальция, это способствует повышению дисперсности структуры керамзитобетона, прочности и водонепроницаемости.

Литература:

1. Заполнители пористые неорганические для строительных работ : ГОСТ 9758-2012. – М. : Стандартинформ, 2014. – 62 с.

2. Бетоны легкие. Технические условия : ГОСТ 25820-2014. – М. : Стандартинформ, 2015.
3. Методы определения прочности по контрольным образцам : ГОСТ 10180-2012 Бетоны.
4. Крамаренко А.В., Прокофьева Ю.А. Применение добавки на основе комплексного модификатора в керамзитобетоне // Международный научный журнал «Инновационная наука». – Уфа : Аэтерна, 2017. – № 4. – Ч. 3. – С. 84–86.
5. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закаливания // Международный научный журнал «Символ науки». – Уфа : Омега сайнс, 2017. – № 5. – С. 203–206.
6. Гельфман М.И. Коллоидная химия : учебник. – СПб. : Лань, 2010. – 336 с.
7. Крамаренко А.В., Иброхимов А.А. Повышение прочности и гидрофобизация искусственного камня // Наука и образование: новое время. – 2018. – № 1 (24). – С. 38–41.

References:

1. Fillers porous inorganic for construction works : GOST 9758-2012. – М. : Standartinform, 2014. – 62 p.
2. Light concrete. Specifications : GOST 25820-2014. – М. : Standartinform, 2015.
3. Methods of determination of durability on control samples : GOST 10180-2012 Concrete.
4. Kramarenko A.V., Prokofieva Yu.A. Use of additive on the basis of the complex modifier in the keramzitobetena // the International scientific magazine «Innovatsionnaya Nauka». – Ufa : Aeterna, 2017. – No. 4. – P. 3. – P. 84–86.
5. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with additive of phosphoric slag of autoclave hardening // the International scientific magazine «nauki Simvol». – Ufa : Omega сайнс, 2017. – No. 5. – P. 203–206.
6. Gelfman M.I. Colloidal chemistry: textbook. – SPb. : Fallow deer, 2010. – 336 p.
7. Kramarenko A.V., Ibrokhimov A.A. Increase in durability and gidrofobization of an artificial stone // Science and education: modern times. – 2018. – No. 1 (24). – P. 38–41.

УДК 691.5

**КОНСАЛТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК,
ИСПОЛЗУЕМЫХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МОНОЛИТНЫХ
ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫХ ШТУКАТУРОК**

**CONSULTING STUDIES OF CHEMICAL ADDITIVES USED
ON RECEIVING MONOLITHIC CEMENT-SANDING PLASTERS**

Крамаренко Аркадий Викторович
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГСигХ»,
Тольяттинский государственный университет
avk5@bk.ru

Прокофьева Юлия Анатольевна
студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В данной статье рассмотрены и проанализированы вопросы, связанные с комплексными добавками и штукатурными смесями на их основе. Рассмотрен вопрос, как влияют комплексные добавки на технологические и эксплуатационные характеристики декоративных штукатурок.

Ключевые слова: штукатурка; комплексная добавка.

Kramarenko Arkady Viktorovich
Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor «PGSiGH»,
Togliatty State University
avk5@bk.ru

Prokofieva Julia Anatoljevna
Student,
Togliatty State University

Annotation. In this article, questions related to complex additives and plaster mixtures on their basis are examined and analyzed. The question of how complex additives affect the technological and operational characteristics of decorative plasters is discussed.

Keywords: plaster; complex additive.

В настоящее время при возведении зданий и сооружений или при их ремонте, одним из важных этапов отделочных работ в помещениях являются штукатурные работы.

Данные анализа в производстве строительных смесей, применяемые в научных источниках, выявили несколько проблем. Существенной трудностью при изготовлении строительных смесей является то, что получается стабильный однородный состав.

Разрабатывая новый строительный материал, необходимо всесторонне исследовать рынок и анализировать тенденции его развития, по данным которых составляется техническое задание, включающее в себя технологическую и экономическую характеристику смесей, которые в свою очередь должны удовлетворять требованиям потенциального потребителя [2].

Одним из актуальных путей снижения себестоимости строительных смесей является использование комплексных добавок [1, 3].

Вещества, вводимые в строительные смеси в количестве от 0,05 до 8 % называют добавками и разделяют на следующие группы:

- диспергируемые порошки – полимеры, растворяемые в воде и используемые в качестве второго вяжущего;
- водоудерживающие порошки;
- пластифицирующие порошки;
- гидрофобизирующие порошки;
- регуляторы схватывания и другие.

Наиболее эффективными являются комплексные добавки. Каждой строительной смеси соответствует своя комплексная добавка.

Объем добавок вводимых в строительные штукатурные смеси, не должен превышать 1,5 % от общего объема. Наличие комплексных добавок в строительных смесях обязательно, за счет них существенно улучшаются физико-химические характеристики. Комплексные добавки обладают следующими функциями:

- увеличением срока эксплуатации;
- созданием более прочного покрытия;
- увеличением адгезивных свойств;
- улучшением качества и производительности отделочных работ;
- препятствуют чрезмерному испарению влаги в растворах;
- предотвращают появлению грибковых образований.

Любой дом или квартира со временем требуют обновления, и тема ремонта затронет каждого. В большинстве случаев косметического ремонта недостаточно и возникает необходимость переходить к штукатурным работам. Штукатурка является основной работой связанной с ремонтом стен и является основой, от которой зависит внешний вид будущего ремонта.

Штукатурка имеет три назначения: декоративное, санитарно-техническое, защитно-конструктивное [5].

С помощью модифицирующих добавок можно изменить как технологические, так и эксплуатационные характеристики декоративных штукатурок. Например, редиispersируемый порошок способствует увеличению взаимодействия штукатурного слоя с основанием и морозостойкости материала, значительно снижает образование высолов на декоративном слое, при этом улучшается удобоукладываемость и технологичность раствора.

Так как штукатурные растворы наносятся тонким слоем, то возникает проблема, связанная с быстрым уходом воды из раствора. В этом случае применяют водоудерживающие добавки, примером такой добавки служит сложный эфир целлюлозы.

Рассмотрим некоторые добавки и их рецептуры для обычных, декоративных и теплоизолирующих штукатурок. Наименование добавок и их количество приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Комплексные добавки для обычных, декоративных и теплоизолирующих штукатурок

№ п/п	Наименование добавки	Вид штукатурки			
		Обычная	Декоративная «под шубу»	Декоративная «для начеса»	Теплоизолирующая
		Количество в % от массы цемента			
1	Эфир Крахмала Esamid NA	0,01–0,02	0,01–0,02	0,01–0,02	0,01–0,02
2	Редиispersируемый порошок Vinnapas 5010N	0,0–2,0	1,0–2,0	0,5–1,5	1,0–2,0
3	Стеарат цинка	0,0–0,4	0,1–0,3	0,2–0,3	0,1–0,2
4	Порообразователь Esapon 1214	0,005–0,02	0,02–0,05	0,01–0,02	0,03–0,05
5	Mecellose FMC2094	0,06–0,18	0,1–0,2	0,06–0,12	0,15–0,3

Для дальнейшей оптимизации раствора вводят минеральные и другие компоненты. Данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Минеральные и другие компоненты для штукатурных смесей

№ п/п	Наименование добавки	Вид штукатурки			
		Цементно-песчаная	Декоративная «под шубу»	Декоративная «для начеса»	Теплоизолирующая
		Количество в % от массы цемента			
1	Кварцевый, известняковый песок крупностью 0,1–0,4 мм	65,0–75,0	30,0–35,0	65,0–75,0	–
2	Кварцевый, известняковый песок крупностью 0,4–1,2 мм	–	25,0–30,0	–	–
3	Кварцевый песок окатанный крупностью 3 мм	–	8,0–15,0	–	–
4	Известняковая мука CaCO ₃ 40–100 мкм	5,0–10,0	5,0–10,0	5,0–10,0	5,0–10,0
5	Перлит, пенополистирол крупность до 1 мм	0,4	8,0–15,0	–	10,0–15,0; 5,0–7,0
6	Портландцемент	13,0–20,0	10,0–15,0	8,0–12,0	70,0–85,0
7	Гашеная известь Ca(OH) ₂	3,0–10,0	5,0–8,0	8,0–12,0	0,1–0,5
8	Глиноземистый цемент	–	–	–	1,5–3,0
9	Неорганические пигменты	0,1–0,3	0,1–0,5	0,1–0,5	–
10	ПАВ дисперсатор Esapon1850	0,01–0,02	0,02–0,05	0,01–0,02	0,01–0,02
11	Волокна Technocel500-1, Ricem MC2,5/4	0,1–0,7	0,1–0,7	0,1–0,7	0,1–0,7

Оптимизация количества комплексной добавки осуществлялась за счет водопотребности при заданной подвижности смеси и контролем механических свойств образцов в возрасте 28 суток.

В ходе испытаний образцов с комплексными добавками и с кварцевым песком было выявлено, что крупность кварцевого песка влияет на свойства сухой смеси. При уменьшении крупности зерен с фракции 1,2 мм до 0,1 мм увеличивается водопотребность в среднем на 8–10 %, при этом жизнеспособность растворов у составов без комплексной добавки ниже, чем у составов с комплексной добавкой.

Литература:

1. Крамаренко А.В., Никитина К.В. Теплоизоляционная штукатурка с добавлением отходов силпора // Наука и образование: новое время. – 2017. – № 2 (19). – С. 17–20.
2. Крамаренко А.В., Романюк М.П. Использование вододисперсных теплоизоляционных составов в качестве отделочного материала для отделки внутренних помещений : сборник: Молодежь и XXI век – 2015 / материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х т.; ответственный редактор Горохов А.А. – 2015. – С. 291–295.
3. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Модификация гипсоцементно-пуцоллановых вяжущих магниезиальным цементом // Научно-методический журнал «Наука и образование: новое время». – 2017. – № 2 (3). – С. 12–14.
4. Крамаренко А.В., Батырева И.А. Исследование свойств вододисперсных теплоизоляционных составов : сборник: Молодежь и XXI век – 2015 / материалы V Международной молодежной научной конференции в 3-х т.; ответственный редактор Горохов А.А. – 2015. – С. 288–291.
5. Черноус Г.Г. Ч-493 Технология штукатурных работ : учебник для нач. проф. образования. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 2-е изд. – 240 с.

References:

1. Kramarenko A.V., Nikitina K.V. Heat-insulating plaster with addition of waste of a silpor // Science and education: modern times. – 2017. – No. 2 (19). – P. 17–20.
2. Kramarenko A.V., Romaniuk M. P. Use of water disperse heat-insulating structures as finishing material for finishing of internal rooms : collection: Youth and the 21st century – 2015 / materials V International youth scientific conferences in 3 t.; editor-in-chief Gorokhov A.A. – 2015. – P. 291–295.
3. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Modification gipsotsementno-putsollanovy knitting magnesium cement // the Scientific and methodical magazine «Science and education: modern times». – 2017. – No. 2 (3). – P. 12–14.
4. Kramarenko A.V., Batyreva I.A. Research of properties of water disperse heat-insulating structures : collection: Youth and the 21st century – 2015 / materials V International youth scientific conferences in 3 t.; editor-in-chief Gorokhov A.A. – 2015. – P. 288–291.
5. Chernous G.G. Ch-493 Technology of plaster works : the textbook for the head of the prof. of education. – М. : Publishing center «Akademiya», 2013. – 2nd prod. – 240 p.

УДК 691.34

КЕРАМЗИТОБЕТОН С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ

KERAMZITOBETON WITH APPLICATION OF IRON-CONTAINING SLUDGES

Крамаренко Аркадий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГСигХ»,
Тольяттинский государственный университет
avk5@bk.ru

Путилова Маргарита Николаевна

студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В данной статье предлагается способ повышения прочности керамзитобетона, приведены результаты лабораторных исследований с применением железосодержащих шламов, проведен анализ физико-технических характеристик и выбран наиболее рациональный вариант материала для дальнейшего применения в строительстве.

Ключевые слова: керамзитобетон, железосодержащие шламы, окалина.

Kramarenko Arkady Viktorovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor «PGSiGH»,
Togliatty State University
avk5@bk.ru

Putilova Margarita Nikolaevna

Student,
Togliatty State University

Annotation. In this article, we propose a method for increasing the strength of expanded clay concrete, the results of laboratory studies using iron-containing slurries are given, an analysis of physical and technical characteristics is made and the most rational version of the material is selected for further use in construction.

Keywords: claydite, iron-containing slimes, scale.

В настоящее время керамзитобетонные блоки являются одним из наиболее популярных штучных каменных материалов и используют их как крупные застройщики, возводя многоэтажные дома или массовые коттеджные застройки, так и частные лица, которые строят собственными силами загородные дома, банные и гаражные комплексы, хозяйственные и иные постройки.

Всё чаще используются штучные материалы из керамзитобетона [1], газобетона, пенобетона, силпора [2, 3, 4]. Однако более распространенным, как правило, является керамзитобетон, обладающий большей прочностью и меньшим водопоглощением. Пенобетон и газобетон имеют меньшую прочность, но и меньшую теплопроводность, которая значительно увеличивается при повышенной влажности или водонасыщении материала. Заказчики, не редко, отдают предпочтение керамзитобетону, исходя из его способности лучше противостоять воздействию влаги.

Но не стоит забывать, что керамзитобетон обладает и некоторыми недостатками. Прежде всего, недостаточная прочность при некоторых технологических решениях. Именно поэтому керамзитобетонные блоки возможно использовать лишь в малоэтажном строительстве (они могут воспринимать относительно небольшие нагрузки), или в многоэтажном, но лишь для возведения самонесущих стен и перегородок.

Чтобы частично повысить прочность, предлагаем использовать в процессе изготовления керамзитобетонных блоков - окалину, образующуюся в прокатном производстве при переработке железосодержащих шламов (ЖСШ). Предлагается применение её в виде добавки в количестве 8–12 % в шихту для изготовления керамзитобетонных блоков. В настоящее время она практически не находит применения в качестве вторичного сырья, однако при применении в строительных материалах, она способствует повышению их прочности и экономии углеродсодержащих материалов [5].

Ниже представлен сравнительный анализ полученного керамзитобетона с добавкой ЖСШ в количестве 8 %, 10 % и 12 % от массы смеси с образцом без добавок. При анализе учитывались такие физико-технические характеристики, как морозостойкость, теплопроводность, прочность, водопоглощение и средняя цена за 1 м³ материалов на основе усредненных рыночных данных (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ физико-технических свойств керамзитобетонных блоков

№ п/п	Наименование	Морозостойкость, циклы	Теплопроводность, Вт/(м °С)	Прочность, МПа	Водопоглощение, %	Средняя цена, руб/м ³
1	Блоки из керамзитобетона	25–50	0,15–0,33	3,5–8	12	2750
2	Блоки из керамзитобетона с добавкой ЖСШ (8 %)	35–55	0,20–0,36	10–14	10–11	2800
3	Блоки из керамзитобетона с добавкой ЖСШ (10 %)	35–55	0,22–0,36	10–15	9–10	2825
4	Блоки из керамзитобетона с добавкой ЖСШ (12 %)	35–55	0,24–0,37	11–15	9–10	2850

На основании полученных данных можно предположить перспективу в использовании полученного нового материала. По данным результатам наблюдается небольшое повышение теплопроводности и незначительное изменение водопоглощения до уровня значений керамзитобетона без добавок, но так же происходит повышение показателя морозостойкости и прочности образца за счет свойств ЖСШ. Повышенные прочностные характеристики на сжатие и изгиб, а также полное отсутствие усадки в бетонах на их основе.

Таким образом использование железосодержащих шламов позволяет не только повысить прочностные характеристики керамзитобетонных блоков, но и частично ликвидировать пагубное влияние данных отходов производства на окружающую среду. На устаревших заводах, из-за отсутствия оборудования железосодержащие пыли и шламы сбрасывают в отвалы и шламонакопители [6], как следствие – загрязняется воздушный бассейн, поверхностные и подземные воды. Как правило, шламы высокотоксичны и загрязнены органическими и минеральными примесями. Помимо загрязнения окружающей среды, так же теряется достаточно большое количество ценного сырья [7]. Так повторное использование позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду и частично улучшить свойства строительных материалов.

Литература:

1. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закаливания // Международный научный журнал «Символ науки». – Уфа : Омега сайнс, 2017. – № 5. – С. 203–206.
2. Крамаренко А.В. Новое в строительных технологиях // Вестник МАНЭБ. – СПб. : МАНЭБ, 2004. – № 5.
3. Крамаренко А.В. Силпор и его производство : XXIII Российская школа по проблемам науки и технологий // Сборник научных трудов. – Екатеринбург : УрОПАН, 2003.
4. Крамаренко А.В. Особенности эффективности изготовления и применения силпора : Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья / IX Всероссийская научно – практическая конференция. – Тольятти : ТГУ, 2015.
5. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/218/2183208.html>
6. URL : <http://portaleco.ru/ekologija-goroda/utilizacija-othodov-metallurgicheskogo-kompleksa.html>
7. Бирман Ю.А., Вурдова Н.Г. Инженерная защита окружающей среды. Очистка вод. Утилизация отходов. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 296 с.

References:

1. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with additive of phosphoric slag of autoclave hardening // the International scientific magazine «nauki Simvol». – Ufa : Omega сайнс, 2017. – No. 5. – P. 203–206.
2. Kramarenko A.V. New in construction technologies // the MANEB Bulletin. – SPb. : MANAB, 2004. – No. 5.
3. Kramarenko A.V. Silpor and his production : The XXIII Russian school on problems of science and technologies // the Collection of scientific works. – Yekaterinburg : УрОПАН, 2003.
4. Kramarenko A.V. Features of efficiency of production and application of a silpor : The town planning, reconstruction and engineering support of sustainable development of the cities of the Volga region / the IX All-Russian is scientific – a practical conference. – Togliatti : TGU, 2015.

5. URL : <http://www.findpatent.ru/patent/218/2183208.html>
6. URL : <http://portaleco.ru/ekologija-goroda/utilizacija-othodov-metallurgicheskogo-kompleksa.html>
7. Birman Yu.A., Vurdova N.G. Engineering environment protection. Purification of waters. Recycling. – M. : DIA publishing house, 2002. – 296 p.

УДК 691.535

ПРОИЗВОДСТВО ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ

MANUFACTURE OF HIGH-STRENGTH LIGHT-UP CONCRETE CONCRETE WITH USE OF SULFUR-WASTE WASTES

Крамаренко Аркадий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГСигХ»,
Тольяттинский государственный университет
avk5@bk.ru

Путилова Маргарита Николаевна

студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность применения золошлаковых отходов для улучшения физико-механических свойств легких бетонов.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, золошлакоотвалы, зола-уноса, силикат-глыба, высокопрочный легкий бетон.

Kramarenko Arkady Viktorovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor «PGSiGH»,
Togliatty State University
avk5@bk.ru

Putilova Margarita Nikolaevna

Student,
Togliatty State University

Annotation. This article considers the possibility of using ash and slag wastes to improve the physical and mechanical properties of lightweight concrete.

Keywords: ash-and-slag wastes, ash-and-slag-ash, fly ash, silicate-block, high-strength lightweight concrete.

В настоящее время на территории Российской Федерации действуют 172 тепловые электростанции. В их золошлакоотвалах в настоящее время накоплено свыше 1,5 млрд т золошлаковых отходов (ЗШО). По данным ЗАО «АПБЭ» (Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике), площадь золошлакоотвалов достигает 28 тыс. га, при этом утилизируется и используется не более 8 % (1,5–2,1 млн т) годового выхода ЗШО (около 30 млн т). Если такая тенденция сохранится, то к 2020 г. объём накопленных ЗШО превысит 1,8 млрд т [1, 2].

По подсчетам экспертов, затраты на содержание 1 т ЗШО составляют от 400 до 700 руб., или 5–7 % себестоимости производства электроэнергии и тепла на угольной ТЭС. Инвестиции в реконструкцию одного золошлакоотвала могут достигать 1 млрд руб. Стоимость строительства нового золошлакоотвала примерно 2–4 млрд руб. В течение 3–5 лет переполнение золошлакоотвалов приобретёт массовый характер, и этот процесс уже начался.

На сегодняшний день ТЭС сталкиваются со следующими проблемами в области обращения ЗШО:

- золошлакоотвалы являются балластом для ТЭС;
- на реконструкцию существующих и строительство новых золошлакоотвалов требуются достаточно большие средства;
- переработка отходов ЗШО – непрофильная деятельность для энергетиков;
- малое количество реализуемых ЗШО, которое не решает проблему их накопления;
- ухудшение экологии в районе расположения золошлакоотвала [3].

Так одним из направлений переработки ЗШО, рассмотренное в данной статье, является производство высокопрочных легких бетонов с применением активного заполнителя – безобжигового зольного гравия.

Химический и фазово-минералогический составы золы определяются минеральным составом сжигаемого топлива, тонкостью помола в процессе его подготовки, зольностью топлива и теми изменениями, которые претерпевают частицы топлива при высокотемпературной обработке в котлах ТЭС: температуре в зоне горения, времени пребывания частиц в этой зоне и др. Минеральная часть золошлаковых материалов практически всех видов топлива на 98–99 % состоит из свободных и связанных в химические соединения оксидов кремния, алюминия, титана, железа, кальция, магния, натрия, калия и

серы. Состав зол и шлаков, при сжигании угля с одного и того же бассейна может колебаться в определенных пределах, но этими различиями пренебрегают и считают свойства стабильными. Химический состав зол определяет свойства золы, а, следовательно, в последующем и область ее применения производстве строительных материалов.

Как известно, зола активно вступает во взаимодействие в условиях тепловой обработки с щелочными и щелочноземельными компонентами, образуя цеолитоподобные и гидросиликатные и алюмосиликатные устойчивые соединения. В качестве носителя щелочного активизатора и отвердевающего связующего – кремнегеля наиболее рационально использование твердых силикатов натрия [4, 5, 6]. Так же применение промышленной силикат-глыбы позволяет снизить себестоимость продукции по сравнению с жидкомодульными стеклами, которые имеют значительно высокую стоимость.

Потому была рассмотрена возможность создания эффективных композиционных золосиликатных вяжущих, полученных путем совместного помола золы-уноса и силикат-глыбы в условиях гидромеханохимической активации в лабораторной шаровой мельнице, с дальнейшим получением активных гранулированных заполнителей размером 0–10 мм. При этом следует учитывать:

- совместное активирование золы и силикат-глыбы в присутствии воды в эффективных измельчителях позволит повысить растворимость силикат-глыбы и соответственно ускорить процессы гидратации и твердения вяжущих композиций в условиях пропаривания;
- при взаимодействии с водой безводный силикат натрия гидролизует с образованием едкой щелочи и геля поликремниевой кислоты;
- золы в водной среде частично подвергаются гидролитической деструкции в присутствии щелочного активатора;
- гидромеханоактивация композиционного зольного вяжущего позволит получить активные гранулированные заполнители, твердеющие в неавтоклавных условиях.

С использованием высококальциевой золы-уноса и силикат-глыбы получен безобжиговый зольный гравий с насыпной плотностью 700–750 кг/м³, прочностью до 10–15 МПа, пористостью 60 %. Разработанный гранулированный заполнитель позволяет исключить энергоемкую стадию обжига, что характерно для большинства искусственных заполнителей. Полученный безобжиговый зольный гравий вводили в бетонную смесь заменяя керамзитовый гравий. Следует отметить, что полученный легкий бетон с использованием безобжигового зольного гравия и органоминеральной добавки имеет теплопроводность в 1,5–2 раза меньше, чем керамзитобетон [7, 8] при одинаковых прочностных показателях: на месте золосодержащего гранулированного заполнителя формируются поры с уплотненными стенками и полифактурной поверхностью, которые снижают интенсивность тепловых потоков.

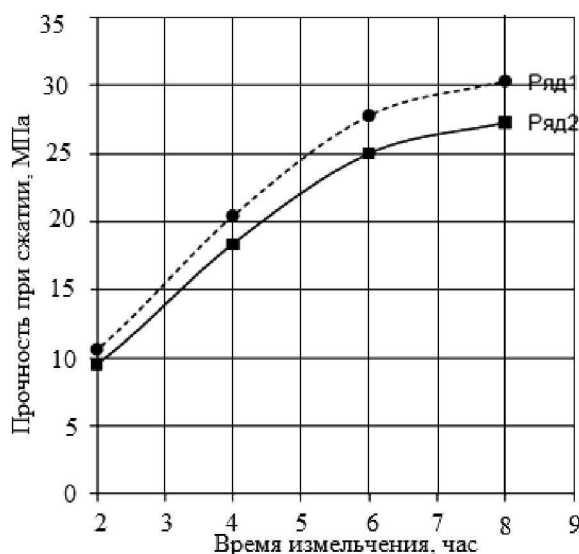


Рисунок 1 – Влияние времени активации на прочность золосиликатных композиций:
1 – гидромеханоактивация; 2 – сухая активация

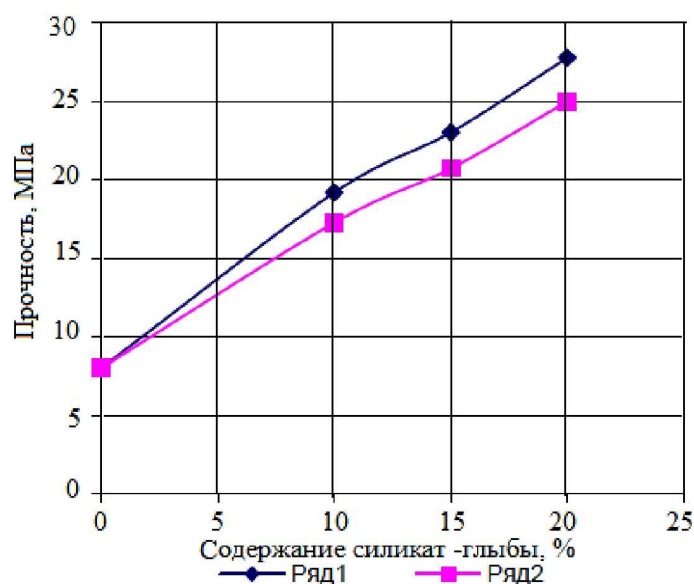


Рисунок 2 – Влияние содержания силикат-глыбы на прочность золосиликатных композиций:
1 – гидромеханоактивация; 2 – сухая активация

Таким образом, в результате выполненных исследований разработаны элементы ресурсосберегающих технологий производства эффективных легких бетонов с использованием отходов теплоэнергетической промышленности, что позволяет реализовать накопленные ЗШО, а так же улучшить прочностные характеристики.

Литература:

1. URL : http://www.e-apbe.ru/analytical/doklad2005/doklad2005_3.php.html (24.05.218).
2. URL : <http://www.sib-science.info/ru/news/rossii-eprussia-ru-dengi-27012016> (24.05.218).
3. URL : <http://zoloshlaki.ru/news/ugolnye-tes-bez-zoloshlakootvala-realnost-i-perspektivy/> (26.05.218).
4. Крамаренко А.В. Кинетика растворения натриевой силикат-глыбы в процессе технологии изготовления силпора // Вестник МАНЭБ. – СПб. : МАНЭБ, 2005. – № 9. – С. 2–3.
5. Крамаренко А.В. Теоретические и практические исследования процесса превращения силикат-глыбы в камневидное тело : XXIII Российская школа по проблемам науки и технологий. Секция 1 // Сборник научных трудов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2009. – С. 3.
6. Крамаренко А.В. Поведение силикат-глыбы в процессе изготовления силпора : Эффективные строительные конструкции: теория и практика / XIV Международная научно-техническая конференция. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2014. – С. 3.
7. Крамаренко А.В. Новое в строительных технологиях // Вестник МАНЭБ. – СПб. : МАНЭБ, 2004. – № 5.
8. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закаливания // Международный научный журнал «Символ науки». – Уфа : Омега сайнс, 2017. – № 5. – С. 203–206.

References:

1. URL : http://www.e-apbe.ru/analytical/doklad2005/doklad2005_3.php.html (24.05.218).
2. URL : <http://www.sib-science.info/ru/news/rossii-eprussia-ru-dengi-27012016> (24.05.218).
3. URL : <http://zoloshlaki.ru/news/ugolnye-tes-bez-zoloshlakootvala-realnost-i-perspektivy/> (26.05.218).
4. Kramarenko A.V. Kinetics of dissolution sodium silicate block in the course of silpor manufacturing techniques // the MANEB Bulletin. – SPb. : MANEB, 2005. – No. 9. – P. 2–3.
5. Kramarenko A.V. Theoretical and practical researches of process of transformation silicate block in a kamnevidny body : The XXIII Russian school on problems of science and technologies. Section 1 // Collection of scientific works. – Yekaterinburg : OURO RAHN, 2009. – P. 3.
6. Kramarenko A.V. Behavior silicate block in the course of production of a silpor : Effective building constructions: theory and practice / XIV International scientific and technical conference. – Penza : Volga House of knowledge, 2014. – P. 3.

7. Kramarenko A.V. New in construction technologies // the MANEB Bulletin. – SPb. : MANAB, 2004. – No. 5.

8. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with additive of phosphoric slag of autoclave hardening // the International scientific magazine «nauki Simvol». – Ufa : Omega sayns, 2017. – No. 5. – P. 203–206.

УДК 691

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

SRAVNITELNY ANALYSIS OF WALL KONSTRUKTION

Крамаренко Аркадий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГСигХ»,
Тольяттинский государственный университет
avk5@bk.ru

Шафеев Радик Ринатович

студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В статье проведен анализ испытаний пено-стеклоблока.

Ключевые слова: пеностеклоблок, экологически чистое, теплоизоляция.

Kramarenko Arkady Viktorovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor «PGSiGH»,
Togliatty State University
avk5@bk.ru

Shafeev Radik Rinatovich

Student,
Togliatty State University

Annotation. In article the analysis of tests of a penostekloblok is carried out.

Keywords: penostekloblok, pollution-free, thermal insulation.

В наше время технические и архитектурно-строительные требования к конструкциям стен отапливаемых зданий сильно ужесточились, следовательно увеличился дефицит в изоляционных материалах, так и их номенклатуре.

Современное строительное производство прежде всего направлено на экологически чистое и безвредное для человека производство теплоизоляционных материалов на минеральной основе (пенобетоны, газобетоны, минераловатные и стекловатные изделия, пеностекло, пенокерамика и газокерамика и т.д.). Так же для теплоизоляции может использоваться и керамзитобетон [2, 3, 4], так как он обладает низкой теплопроводностью.

В последнее время особое внимание уделяется производству штучных и гранулированных поросиликатных изделий, для их производства используют распространенные стеклобой, жидкое стекло и т.д., а материалы на их основе называют: силпор [5, 6, 7, 8, 9, 10], силикат-глыба [6, 7], пеностекло и другие. Их средняя плотность колеблется в пределах от 100 кг/м^3 до 200 кг/м^3 . Производство таких материалов ограничено и носит в основном региональный характер.

В связи с обращением заказчика на строительство трехэтажного жилого дома, мы провели сравнительные исследования некоторых вариантов конструкций наружных стен.

В первом случае мы рассматривали такой вид конструкции наружной стены: пено-газобетонный блок, утеплитель (минераловатные плиты), сетка, штукатурка.

Данный материал изготавливают с соблюдением государственных стандартов и он обладает рядом преимуществ:

– он является достаточно прочным материалом ($\rho = 1200 \text{ кг/м}^2$) и его долговечность достигает пятидесяти лет, при этом его прочность продолжает набираться первые десять лет службы;

- небольшой вес, что значительно ускоряет сроки монтажа;
- обладает хорошей теплопроводностью, за счет пористости;
- является пожаробезопасным материалом;
- цена (2500 руб/м^3), дешевле кирпича.

Обладая этими плюсами у него есть и минусы, такие как:

– не эстетичный внешний вид, что влечет за собой дополнительные затраты на облицовку;

– следует очень тщательно выбирать завод-изготовитель, так как есть вероятность получить не качественную продукцию;

– при увеличении толщины раствора до 3–4 мм происходит значительное снижение шумопоглощения.

Еще один, но очень важный минус этой конструкции – это минераловатные плиты, которые через несколько десятков лет начинают причинять вред человеку и могут привести к онкологическим заболеваниям [1], из-за подверженности их разложению.

Следующий вид конструкции полтора керамзитобетонного блока, сетка, штукатурка.

Керамзитобетонные блоки обладают следующими плюсами:

- качественные керамзитобетонные блоки, производитель которых не экономит на керамзите, обладают прекрасными теплоизоляционными характеристиками;
- не менее важна и прочность материала. Из блоков с маркой прочности М75 можно построить здание до 3-х этажей. Хороший керамзитобетонный блок – это оптимальное сочетание тепла и надежности;
- долговечность керамзитобетонных блоков – еще один повод обратить свой взор в их сторону. За счет высокой морозостойкости материала, дом из керамзитобетонных блоков простоит долгие годы;
- экологичность;
- еще один плюс – химическая инертность блоков из керамзита, а также способность противостоять грибку, плесени и воздействию микроорганизмов

Как и у любой материал обладает и минусами:

- керамзитобетонные блоки принято относить непрезентабельный внешний вид, требующий отделки;
- при возведении массивных конструкций необходим тщательный расчет с учетом прочности изделий из керамзитобетона;
- стена из керамзитобетонных блоков «дышит» хуже (если сравнивать с кирпичом);
- образуется много мостиков холода.
- цена (2938 руб/м³, дороже пено-газобетона)

Еще один вариант конструкции блоки из пеностекла, утеплитель, сетка, штукатурка.

Плюсы блоков из пеностекла:

- прочность материалов при нагрузке (сжатие);
- эластичность материала (восстановление формы после установки);
- трудоёмкость при монтаже;
- экологичная безопасность;
- низкая теплопроводность (коэффициент теплопроводности);
- пожаробезопасность;
- долговечность.

Недостатки пеностекла могут явиться именно тем, что может помешать применить его в каком-то конкретном случае. Выбор материала по его основным параметрам характеризует и отношение к нему.

Особенно это влияет если малейшая характеристика способна оттолкнуть нас от уже выбранного, например, утеплителя. Такими моментами могут быть теплопроводность, влагопроводность, экологические характеристики, санитарная безопасность. Цена 5500 руб/м³.

При исследованиях были изучены некоторые составы пеностеклоблоков, в результате которых получились следующие характеристики (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики пеностеклоблоков

Ячейка, мм	Пористость	λ , мВт/(м × ОК)
0,6	0,78	86,2
1,1	0,86	48,5
3,0	0,908	39,1
3,6	0,93	34,2

Далее были проведены испытания этих образцов и приведены исследования блочного пеностекла. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показания испытаний пеностеклоблока

№ п/п	Показатель	Ед. измерения	Величина показателя
1	Плотность	Кг/м ³	180–260
2	Коэффициент теплопроводности	Вт/м·К	0,085–0,107
3	Паропроницаемость	мг/(м·ч·Па)	0,03–0,04
4	Водопоглощение	%	3–5
5	Прочность на сжатие	МПа	8–17
6	Морозостойкость	циклы	1–80
7	Прочность сцепления покрытия с основой	МПа	3,1–3,9
8	Водостойкость покрытия	–	II
9	Сопротивление непродолжительному воздействию тепла	0С	760–790
10	Верхний температурный предел эксплуатации	0С	590–610
11	Стабильность при эксплуатации (разрушение от времени)	–	не ограничено
12	Экологическая безопасность	–	безопасен

Анализируя представленные данные однозначно определить наиболее эффективный материал трудно. Каждый материал обладает преимуществами и недостатками. Имеет место субъективность заказчика.

Литература:

1. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Возникновение онкологических заболеваний от воздействия минеральной ватой // Научно-методический журнал «Наука и образование: Новое время». – Чебоксары : Экспертно-методический центр, 2017. – № 2 (19).– С. 1–4.
2. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццолонового вяжущего на основе магнезиального цемента // Инновационная наука. – 2017. – № 5. – С. 61–63.
3. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццолонового вяжущего на основе магнезиального цемента // Международный научный журнал «Инновационная наука». – Уфа : Аэтерна, 2017. – № 5. – С. 50–52.
4. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закалывания // Международный научный журнал «Символ науки». – Уфа : Омега сайнс, 2017. – № 5. – С. 203–206.
5. Крамаренко А.В. Силпор и его производство : XXIII Российская школа по проблемам науки и технологий / Сборник научных трудов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2003.
6. Крамаренко А.В., Кинетика растворения натриевой силикат-глыбы в процессе технологии изготовления силпора // Вестник МАНЭБ. – СПб. : МАНЭБ, 2005. – № 9.
7. Крамаренко А.В. Поведение силикат-глыбы в процессе изготовления силпора : Эффективные строительные конструкции: теория и практика / XIV Международная научно-техническая конференция. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2014.
8. Крамаренко А.В. Силикатный ингредиент – основа получения силпора : Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия / XIV Международная научно-техническая конференция. – Новосибирск : Международный научный институт «Educatio», 2015.
9. Крамаренко А.В., Никитина К.В. Исследование теплотехнических свойств теплоизоляционной штукатурки с добавлением отходов силпора : В мире науки и инноваций // Сборник статей по итогам Международной научно-технической конференции (20 апреля 2017 г., г. Казань). – Уфа : Аэтерна, 2017. – Ч. 4. – С. 77–80.
10. Крамаренко А.В., Никитина К.В. Теплоизоляционная штукатурка с добавлением отходов силпора // Научно-методический журнал «Наука и образование: новое время». – Чебоксары : Экспертно-методический центр, 2017. – № 2.– С. 17–20.

References:

1. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Developing of oncological diseases from influence by mineral wool // the Scientific and methodical magazine «Science and education: Modern times». – Cheboksary : Expert and methodical center, 2017. – No. 2 (19). – P. 1–4.

2. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolanew knitting on the basis of magnesian cement // Innovative science. – 2017. – No. 5. – P. 61–63.
3. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolanew knitting on the basis of magnesian cement // the International scientific magazine «Innovatsionnaya Nauka». – Ufa : Aeterna, 2017. – No. 5. – P. 50–52.
4. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with additive of phosphoric slag of autoclave hardening // the International scientific magazine «nauki Simvol». – Ufa : Omega sayns, 2017. – No. 5. – P. 203–206.
5. Kramarenko A.V. Silpor and his production : The XXIII Russian school on problems of science and technologies / Collection of scientific works. – Yekaterinburg : OURO RAHN, 2003.
6. Kramarenko A.V., Kinetics of dissolution sodium silicate block in the course of silpor manufacturing techniques // the MANEB Bulletin. – SPb. : MANEB, 2005. – No. 9.
7. Kramarenko A.V. Behavior silicate block in the course of production of a silpor : Effective building constructions: theory and practice / XIV International scientific and technical conference. – Penza : Volga House of knowledge, 2014.
8. Kramarenko A.V. Silicate ingredient – a basis of receiving a silpor : Scientific prospects of the 21st century. Achievements and prospects of new century / XIV International scientific and technical conference. – Novosibirsk : International scientific institute «Educatio», 2015.
9. Kramarenko A.V., Nikitina K.V. A research of heattechnical properties of heat-insulating plaster with addition of waste of a silpor : In the world of science and innovations // the Collection of articles following the results of the International scientific and technical conference (on April 20, 2017, Kazan). – Ufa : Aeterna, 2017. – P. 4. – P. 77–80.
10. Kramarenko A.V., Nikitina K.V. Heat-insulating plaster with addition of waste of a silpor // the Scientific and methodical magazine «Science and education: new time». – Cheboksary : Expert and methodical center, 2017. – No. 2. – P. 17–20.

УДК 691

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION PRODUCTION

Крамаренко Аркадий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГСигХ»,
Тольяттинский государственный университет
avk5@bk.ru

Шафеев Радик Ринатович

студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В статье проведен анализ инновационных материалов существующих в строительном производстве.

Ключевые слова: пеностеклоблок, экологически чистое, теплоизоляция.

Kramarenko Arkady Viktorovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor «PGSiGH»,
Togliatty State University
avk5@bk.ru

Shafeev Radik Rinatovich

Student,
Togliatty State University

Annotation. In article the analysis of the innovative materials existing in construction production is carried out.

Keywords: penostekloblok, pollution-free, thermal insulation.

В последнее время сильно возрос интерес к исследованиям в сфере применения нанотехнологий в строительстве, так как итогом таких исследований может явиться появление новейших строительных материалов с уникальными физико-механическими и химическими свойствами. Строительная отрасль характеризуется применением большого количества сырья и материалов. Использование нанотехнологий в строительной отрасли позволяет повысить качественные параметры зданий и снизить затраты на строительство. Инновационные материалы эффективно применяются в современном строительстве и вносят свою лепту в развитие архитектуры будущего. Нанотехнологии в строительстве главным образом проявляются в производстве наноматериалов. Ключевое направление в этой сфере – это создание материалов со сложнейшей структурой и уникальными износостойчивыми (или температурными) свойствами и операции самоорганизации веществ на атомно-молекулярном уровне, дающие возможность формировать объекты без внешнего влияния. На сегодняшний день созданы новые виды арматурных сталей, самоочищающиеся и износостойкие покрытия, сверхпрочные конструкционные композиционные материалы.

Весьма перспективными для применения в строительной отрасли нанозементами можно назвать фуллерены и нанотрубки. Благодаря своим свойствам фуллерены повышают прочность и подвижность бетона, но их стоимость слишком велика и пока нет возможности уменьшить расходы на их изготовление без нанесения ущерба их полезным свойствам.

Помимо этого в строительстве возможно использование разного рода модификаторов, которые могут быть использованы с целью повышения эффективности при изготовлении керамзитобетонных блоков [1, 2, 3], блоков из силпора [4, 5, 6, 7, 8, 9], пеногазобетонных блоков и других строительных материалов.

По мнению некоторых специалистов, нанопорошки могут успешно применяться в металлургии для увеличения металлических характеристик сталей. Есть множество методов их введения в металл, например, интенсивная пластическая деформация, нанесение упрочняющих металлических покрытий, обработка заготовок потоком высокоэнергетических частиц.

Впечатляющим является так называемое антибактериальное стекло. Его особенность в том, что оно убивает попадающие на него грибки и микробы. Это происходит благодаря введению в верхние слои стекла ионов серебра, они, контактируя с микробами, разрушают последних. Оно способно убивать до 99,9 % микробов, которые на него поступают. Кроме того, оно не теряет своих антибактериальных свойств с течением времени.

В России нашли применение и нанокompозитные трубы. Они применяются в системах водоснабжения, отопления и газоснабжения. Эксплуатационные свойства нанокompозитных труб в несколько раз выше их привычных аналогов, к тому же они имеют невысокую стоимость.

Отличной альтернативой стальной арматуре может стать стеклопластиковая композитная арматура. Этот наноматериал обладает множеством уникальных свойств. Стеклопластиковая композитная арматура имеет малый вес (в четыре раза меньше, чем у стального аналога), отличается высокой прочностью и химической стойкостью. Она имеет низкую теплопроводность и не подвержена коррозии.

Крупные строительные компании инвестируют значительные средства, чтобы внедрить эти и другие новшества в строительное производство. Различные организации осуществляют финансирование исследований в области строительных нанотехнологий, потому что понимают, их вложения обязательно будут окуплены. Разработана специальная система, позволяющая сохранять тепло от нагревания дома солнечными лучами. Она устроена так, что обеспечивает возможность накапливать тепло в помещении из пористого бетона. Состав материала позволяет аккумулировать и пропускать через него большой объем нагретой воды, она заполняет поры и может занимать до 85 % всего объема помещения. Очевидным плюсом такой системы является то, что вода проходит через бетон напрямую, без необходимости использования отдельной трубопроводной системы. Благодаря этому передача тепла от воды к бетону и обратно происходит максимально быстро, что, несомненно, повышает эффективность системы.

Так как материал может быть поставлен с завода в виде блоков, данное хранилище быстро монтируется, и нет надобности в применении специализированной строительной техники. Такое помещение вполне дает возможность отказаться от других источников отопления и снизить расходы на электроэнергию.

Повышенным спросом пользуются самоочищающиеся нанопокрyтия, являющиеся перспективным направлением в строительстве, благодаря возможности эффективного решения проблемы загрязнения атмосферного воздуха в городах и самоочистки фасадов зданий, и необычные краски для окрашивания стен, которые обладают долгой и безупречной устойчивостью к климатическим изменениям. Гарантийный срок такой нанокраски составляет двадцать лет, однако она может прослужить практически вечно, так как имеет свойство самовосстановления.

На сегодняшний день благодаря исключительным свойствам наноматериалов, есть возможность применять в строительстве новейшие лаки, эмали, краски, теплоизоляционные материалы.

Исследования показали, что процесс сдвигового измельчения полимерных материалов сопровождается смещением компонентов смеси на микро- и наноуровне, в итоге формируются порошковые композиты с достаточно высокой однородностью. Испытания модификатора в течение ряда лет, доказали высокую эффективность материала в дорожных условиях.

Литература:

1. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе магнезиального цемента // Инновационная наука. – 2017. – № 5. – С. 61–63.
2. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе магнезиального цемента // Международный научный журнал «Инновационная наука». – Уфа : Аэтерна, 2017. – № 5. – С. 50–52.
3. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закаливания // Международный научный журнал «Символ науки». – Уфа : Omega сайнс, 2017. – № 5. – С. 203–206.
4. Крамаренко А.В. Силпор и его производство : XXIII Российская школа по проблемам науки и технологий / Сборник научных трудов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2003.
5. Крамаренко А.В., Кинетика растворения натриевой силикат-глыбы в процессе технологии изготовления силпора // Вестник МАНЭБ. – СПб. : МАНЭБ, 2005. – № 9.
6. Крамаренко А.В. Поведение силикат-глыбы в процессе изготовления силпора : Эффективные строительные конструкции: теория и практика / XIV Международная научно-техническая конференция. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2014.

7. Крамаренко А.В. Силикатный ингредиент – основа получения силпора : Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия / XIV Международная научно-техническая конференция. – Новосибирск : Международный научный институт «Educatio», 2015.

8. Крамаренко А.В., Никитина К.В. Исследование теплотехнических свойств теплоизоляционной штукатурки с добавлением отходов силпора : В мире науки и инноваций // Сборник статей по итогам Международной научно-технической конференции (20 апреля 2017 г., г. Казань). – Уфа : Аэтерна, 2017. – Ч. 4. – С. 77–80.

9. Крамаренко А.В., Никитина К.В. Теплоизоляционная штукатурка с добавлением отходов силпора // Научно-методический журнал «Наука и образование: новое времени». – Чебоксары : Экспертно-методический центр, 2017. – № 2. – С. 17–20.

References:

1. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolan knitting on the basis of magnesian cement // Innovative science. – 2017. – No. 5. – P. 61–63.

2. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolan knitting on the basis of magnesian cement // the International scientific magazine «Innovatsionnaya Nauka». – Ufa : Aeterna, 2017. – No. 5. – P. 50–52.

3. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with additive of phosphoric slag of autoclave hardening // the International scientific magazine «nauki Simvol». – Ufa : Omega sayns, 2017. – No. 5. – P. 203–206.

4. Kramarenko A.V. Silpor and his production : The XXIII Russian school on problems of science and technologies / Collection of scientific works. – Yekaterinburg : OURO RAHN, 2003.

5. Kramarenko A.V., Kinetics of dissolution sodium silicate block in the course of silpor manufacturing techniques // the MANEB Bulletin. – SPb. : MANEB, 2005. – No. 9.

6. Kramarenko A.V. Behavior silicate block in the course of production of a silpor : Effective building constructions: theory and practice / XIV International scientific and technical conference. – Penza : Volga House of knowledge, 2014.

7. Kramarenko A.V. Silicate ingredient – a basis of receiving a silpor : Scientific prospects of the 21st century. Achievements and prospects of new century / XIV International scientific and technical conference. – Novosibirsk : International scientific institute «Educatio», 2015.

8. Kramarenko A.V., Nikitina K.V. A research of heattechnical properties of heat-insulating plaster with addition of waste of a silpor : In the world of science and innovations // the Collection of articles following the results of the International scientific and technical conference (on April 20, 2017, Kazan). – Ufa : Aeterna, 2017. – P. 4. – P. 77–80.

9. Kramarenko A.V., Nikitina K.V. Heat-insulating plaster with addition of waste of a silpor // the Scientific and methodical magazine «Science and education: new time». – Cheboksary : Expert and methodical center, 2017. – No. 2. – P. 17–20.

УДК 691

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

USE OF NANCONCRETE IN CONSTRUCTION

Крамаренко Аркадий Викторович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «ПГСИГХ»,
Тольяттинский государственный университет
avk5@bk.ru

Шафеев Радик Ринатович

студент,
Тольяттинский государственный университет

Аннотация. В статье проведен анализ инновационных материалов существующих в строительном производстве.

Ключевые слова: нанобетоны, экологически чистое, керамзитобетон.

Kramarenko Arkady Viktorovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor,
Associate professor «PGSiGH»,
Togliatty State University
avk5@bk.ru

Shafeev Radik Rinatovich

Student,
Togliatty State University

Annotation. In article the analysis of the innovative materials existing in construction production is carried out.

Keywords: nanobeton, pollution-free, keramzitobeton.

В строительстве существует проблема снижения веса зданий и сооружений, которую можно решить путем замены тяжелых строительных материалов и конструкций на менее плотные. Например, на легкие и ячеистые бетоны, которые существенно уменьшают нагрузку на несущие элементы, обеспечивают хорошую тепло- и звукоизоляцию [1, 2]. Обычно применение легких и ячеистых бетонов из-за невысокой прочности ограничивается строительством самонесущих ограждающих конструкций. Однако сочетание низкой средней плотности, характерной для легких бетонов, и высокой прочности, присущей тяжелым бетонам, позволяет значительно расширить область применения легких бетонов. Применение такого материала обеспечивает здания и сооружения, с одной стороны, требуемыми прочностными свойствами, а с другой, позволяет существенно экономить на общем весе. Такой материал эффективен при строительстве транспортных сооружений: мостов, путепроводов, эстакад и т.д. Разработку состава и технологии получения композиционного облегченного бетона с высокими показателями физико-механических свойств, трещиностойкости и водостойкости для применения в мостостроении в работе [3] осуществляли путем решения комплекса задач, обеспечивающих:

– приготовление удобоукладываемой формовочной смеси с ограниченным количеством воды (до $V/C = 0,22$) за счет введения в состав цементного бетона гиперпластификатора, акрилового полимерного связующего, обладающего пластифицирующими свойствами, и использования практической методики по подбору рациональных составов бетона;

– получение материала с пониженной плотностью за счет воздухововлекающего действия акрилового сополимера, применения в составе бетона тонкомолотого компонента, повышенного содержания рубленого базальтового волокна (до 3% и более) и возможного применения микросферы;

– повышение прочности композитного бетона за счет активации цемента и песка с помощью помольного вихревого комплекса, возможного использования коллоидного кремнегеля и применения специально разработанных смесителей: смесителя-дезинтегратора для дополнительной активации цементно-песчаной смеси с минеральными добавками и смесителя-активатора для интенсивного перемешивания и равномерного распределения по объему смеси дисперсно-армирующих волокон;

– получение требуемых показателей разрабатываемого композита по водопоглощению, водостойкости и морозостойкости за счет применения в качестве полимерного связующего водостойкого акрилового сополимера и формирования структуры материала с закрытой пористостью.

Разрабатываемый высокопрочный легкий бетон для строительства мостов с технологическими и физико-механическими свойствами, приведенными в таблице 1, позволил минимум на треть уменьшить нагрузку на пролетные строения мостов при сохранении их несущих характеристик. Приведенные в работе [3] рецептуры высокопрочных легких бетонов соответствуют поставленным требованиям по плотности и прочности, но имеют максимальную марку смеси по осадке конуса ПЗ. Разработан и испытан легкий наноструктурированный бетон, который был успешно апробирован при реконструкции моста через р. Волга в г. Кимры. Использование в составе алюмосиликатных микросфер, базальтового микроволокна (длина 500 мкм, диаметр 10 мкм), модифицирование полиэдральными многослойными углеродными наноструктурами фуллероидного типа позволило получить составы бетона со средней плотностью 1500–1600 кг/м³, пределом прочности при сжатии 45–55 МПа, прочностью на растяжение при изгибе 6–8 МПа, водонепроницаемость не менее W14, морозостойкость не менее F350, марку смеси по осадке конуса П4. Недостатком данной разработки является очень высокая стоимость бетона.

Состав предлагаемого бетона включает вяжущее, минеральную часть, наномодифицированный наполнитель, пластифицирующую добавку и воду. В минеральную часть входит: фракционированный кварцевый песок фр. 0,16–0,63 мм, каменная мука (продукт измельчения кварцевого песка или другой горной породы, содержащей кремнезем) с удельной поверхности 700–800 м²/кг и микрокремнезем, имеющий средний размер частиц 0,01–1 мкм. Наполнителем, определяющим плотность бетонной смеси, являются полые стеклянные или алюмосиликатные микросферы, поверхность которых модифицирована до- бавкой, содержащей наноразмерный комплекс. Получены составы высокопрочных легких бетонов со средней плотностью 1300–1400 кг/м³ и определены базовые показатели прочности при сжатии с использованием стеклянных и алюмосиликатных полых микросфер, которые составили значения в диапазоне 40–65 МПа.

Нами была поставлена задача получить легкий бетон с керамзитовым заполнителем со средней плотностью 1500–1600 кг/м³, маркой смеси по осадке конуса П4–П5 с использованием недорогого сырья для использования его в строительстве транспортных сооружений.

В таблице 1 приведен состав высокопрочных легких бетонов.

Таблица 1 – Показатели бетонов

№ п/п	Наименование показателей	Значения показателей	
		Легкий бетон	Нанобетон
1	Подвижность бетонной смеси, см	–	10
2	Средняя плотность, кг/м ³	1300–1500	1450–1600
3	Прочность при сжатии, МПа	40–65	45–60
4	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	6–8	–
5	Водопоглощение, %	–	2,5
6	Коэффициент конструктивного качества	0,375	0,433

Тенденции в создании современных высококачественных бетонов опираются на достижения в практике пластифицирования бетонных смесей, на применении дисперсных составляющих, в первую очередь аморфного микрокремнезема и разнообразных минеральных добавок. Использование высокодисперсных компонентов позволяет значительно уменьшить пустотность цементных композиций, что повышает прочность, трещиностойкость, коррозионную стойкость и другие технические параметры бетонов. Следует отметить, что одной высокодисперсности компонентов недостаточно для того, чтобы приготовить высококачественный бетон. Надо подобрать оптимальную упаковку компонентов, добившись минимальной пустотности бетонной смеси. Для получения легкого бетона в качестве вяжущего применяли 3 вида портландцемента: ПЦ 500ДО-Н, ЦЕМ I 52,5Н и ПЦ 600ДО. В качестве мелкого заполнителя взят кварцевый песок с модулем крупности 2,0. В качестве легкого заполнителя – керамзитовый гравий фракции

0–4 мм (рис. 1). В качестве микронаполнителя – микрокремнезем конденсированный. В качестве добавок: суперпластификатор «Линамикс СП-180», гиперпластификатор Pentaflow AC/2. Керамзитовый гравий имел насыпную плотность 500–600 кг/м³, прочность при сдавливании в цилиндре 3,0–3,2 МПа, марку по прочности П125. Микрокремнезем конденсированный имел насыпную плотность 165–175 кг/м³, массовая доля диоксида кремния (SiO₂) не менее 88 %, массовая доля оксида кальция (CaO) не более 1,27 %. «Линамикс СП-180» – суперпластификатор, представляющий собой смесь поверхностноактивных веществ (натриевые соли конденсированных сульфокислот нафталина и лигносульфоновых кислот) с комплексообразователем, повышающим сохранность подвижности бетонной смеси. Pentaflow AC/2 – гиперпластификатор, представляющий собой смесь эфиров поликарбоксилатов.

Для выполнения поставленной задачи был проведен ряд экспериментов, где варьировались вид цемента, его количество, содержание микрокремнезема и добавок. Определяющим фактором, влияющим на среднюю плотность легкого бетона, является количество керамзитового гравия, которое варьировали от 300 до 400 кг на 1 м³. С увеличением содержания керамзита средняя плотность уменьшается. Для увеличения прочности легкого бетона в него вводили микрокремнезем от 5 до 15 % и водоредуцирующие добавки в количестве от 0,3 до 0,6 %. Наибольший водоредуцирующий эффект обеспечивает гиперпластификатор Pentaflow AC/2 на основе эфиров поликарбоксилатов в количестве 0,4 %. При этом В/Ц-отношение составило 0,35. Дальнейшее увеличение расхода гиперпластификатора не оказывает существенное влияние на прочность бетона. Оптимальное количество микрокремнезема составило 10 %. Прочность бетона в возрасте 7 и 28 суток с применением суперпластификатора «Линамикс СП-180» в количестве 0,4 % несколько ниже по сравнению с Pentaflow AC/2, а средняя плотность выше. График набора прочности керамзитобетона представлен на рисунке 1. Набор прочности осуществлялся достаточно быстро. Через 7 суток прочность на сжатие достигала около 85 % от прочности в возрасте 28 суток. На сколе образца керамзитобетона видно, что керамзит распределен достаточно однородно. Всплытия на поверхность при перемешивании керамзитобетона не наблюдалось.

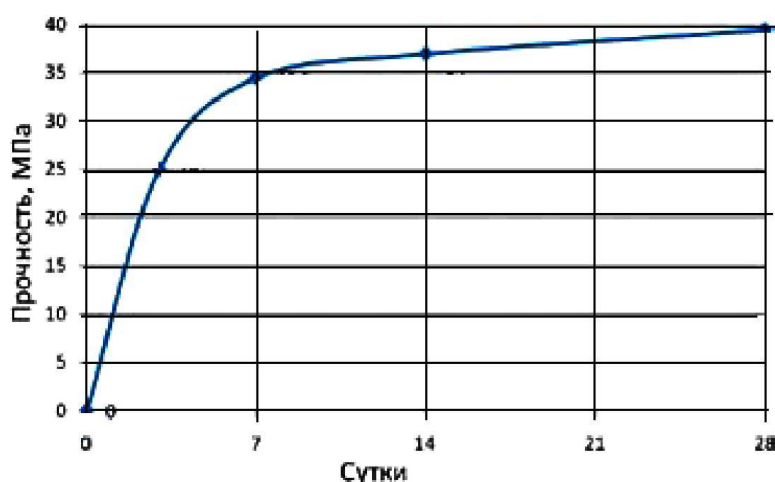


Рисунок 1 – График набора прочности керамзитобетона марки по плотности D1500, класса по прочности B30

Таким образом, разработаны составы керамзитобетона для транспортного строительства со средней плотностью 1408–1644 кг/м³, прочностью на сжатие 36,4–42,1 МПа, что соответствует марке по плотности D1500–D1700, классу по прочности B25–B30. С использованием недорогого сырья получены легкие бетоны, изготовленные из высокоподвижных смесей с маркой по осадке конуса П4–П5, которые эффективно применять в строительстве транспортных сооружений. Такие бетоны позволяют более чем на 30 % уменьшить нагрузку на конструкционные элементы сооружения, сохранить несущие характеристики, уменьшить стоимость строительства и улучшить теплофизические свойства конструкции.

Литература:

1. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе магнезиального цемента // Инновационная наука. – 2017. – № 5. – С. 61–63.
2. Горячев Д.Е., Крамаренко А.В. Керамзитобетон с добавкой гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе магнезиального цемента // Международный научный журнал «Инновационная наука». – Уфа : Аэтерна, 2017. – № 5. – С. 50–52.
3. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Керамзитобетон с добавкой фосфорного шлака автоклавного закаливания // Международный научный журнал «Символ науки». – Уфа : Омега сайнс, 2017. – № 5. – С. 203–206.

References:

1. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolanew knitting on the basis of magnesian cement // Innovative science. – 2017. – No. 5. – P. 61–63.
2. Goryachev D.E., Kramarenko A.V. Keramzitobeton with additive gipsotsementno-puzzolanew knitting on the basis of magnesian cement // the International scientific magazine «Innovatsionnaya Nauka». – Ufa : Aeterna, 2017. – No. 5. – P. 50–52.
3. Kramarenko A.V., Putilova M.N. Keramzitobeton with additive of phosphoric slag of autoclave hardening // the International scientific magazine «nauki Simvol». – Ufa : Omega sayns, 2017. – No. 5. – P. 203–206.

УДК 528

ПРИМЕНЕНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ АРХИТЕКТУРНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ФАСАДОВ ЗДАНИЯ

APPLICATION OF LAND LASER SCANNING DURING CREATION OF ARCHITECTURAL DRAWINGS OF FACADES OF THE BUILDING

Мамиргова Залина Иссаевна

студентка,
Кубанский государственный
технологический университет
l.belashova@list.ru

Петренко Денис Васильевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Аннотация. В данной статье мы рассмотрим саму сущность наземного лазерного сканирования (НЛС), а так же его применение в области архитектуры. Будет дан разбор методов НЛС (импульсивный и фазовый методы измерения расстояний). А так же узнаем о применении выше перечисленных методов в создании архитектурных чертежей фасадов с соответствующими примерами и рядом их преимуществ.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование (НЛС), импульсивный метод, фазовый метод, архитектурные чертежи фасадов, создание чертежей.

Mamirgova Zalina Issayevna

Student,
Kuban state technological university
l.belashova@list.ru

Petrenkov Denis Vasilyevich

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Annotation. In this article we will consider essence of land laser scanning (NLS), and also its application in the field of architecture. Analysis of the NLS methods (impulsive and phase methods of measurement of distances) will be given. And also we learn about application above the listed methods in creation of architectural drawings of facades with the corresponding examples and a number of their advantages.

Keywords: Land Laser Scanning (LLS), impulsive method, phase method, architectural drawings of facades, creation of drawings.

Давайте для начала рассмотрим, что же из себя представляет само наземное лазерное сканирование (НЛС).

Наземное лазерное сканирование является самым оперативным и высокопроизводительным средством получения точной и наиболее полной информации о пространственном объекте: памятнике архитектуры, промышленном сооружении и промышленной площадке, смонтированном технологическом оборудовании. Суть технологии сканирования заключается в определении пространственных координат точек объекта. Процесс реализуется посредством измерения расстояния до всех определяемых точек с помощью фазового или импульсного безотражательного дальномера. Измерения производятся с очень высокой скоростью – тысячи, сотни тысяч, а порой и миллионы измерений в секунду. На пути к объекту импульсы лазерного дальномера сканера проходят через систему, состоящую из одного подвижного зеркала, которое отвечает за вертикальное смещение луча. Горизонтальное смещение луча лазера производится путем поворота верхней части сканера относительно нижней, жестко прикрепленной к штативу. Зеркало и верхняя часть сканера управляются прецизионными сервомоторами. В конечном итоге именно они обеспечивают точность направления луча лазера на снимаемый объект. Зная угол разворота зеркала и верхней части сканера в момент наблюдения и измеренное расстояние, процессор вычисляет координаты каждой точки.

В состав системы наземного лазерного сканирования входит НЛС и полевой персональный компьютер со специализированным программным обеспечением. НЛС состоит из лазерного дальномера, адаптированного для работы с высокой частотой, и блока развертки лазерного луча.

В основу работы лазерных дальномеров входят импульсный и фазовый безотражательные методы измерения расстояний, подробнее о которых описано ниже.

Импульсный метод измерения расстояний основан на измерении времени прохождения сигнала от приёмо-передающего устройства до объекта и обратно.

Импульсный метод измерения расстояний по точности уступает фазовому методу. Это происходит потому, что фактическая точность каждого измерения зависит от ряда параметров, каждый из которых может оказать влияние на точность конкретного измерения. Таковыми параметрами являются:

- длительность и форма (в частности, крутизна переднего фронта) зондирующего импульса;
- отражательные характеристики объекта;
- оптические свойства атмосферы;
- текстура и ориентация элементарной поверхности объекта вызвавшей отражение зондирующего луча по отношению к линии визирования.

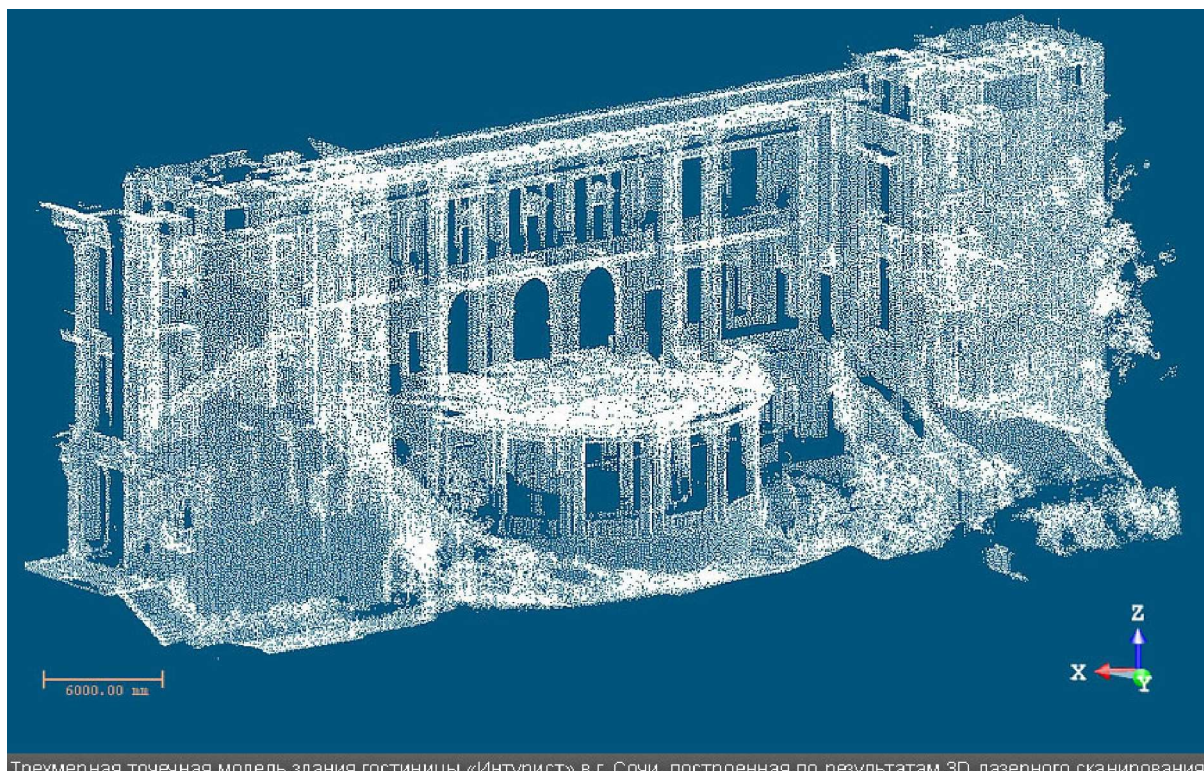
Фазовый же метод измерения расстояний основан на определении разности фаз посылаемых и принимаемых модулированных сигналов.

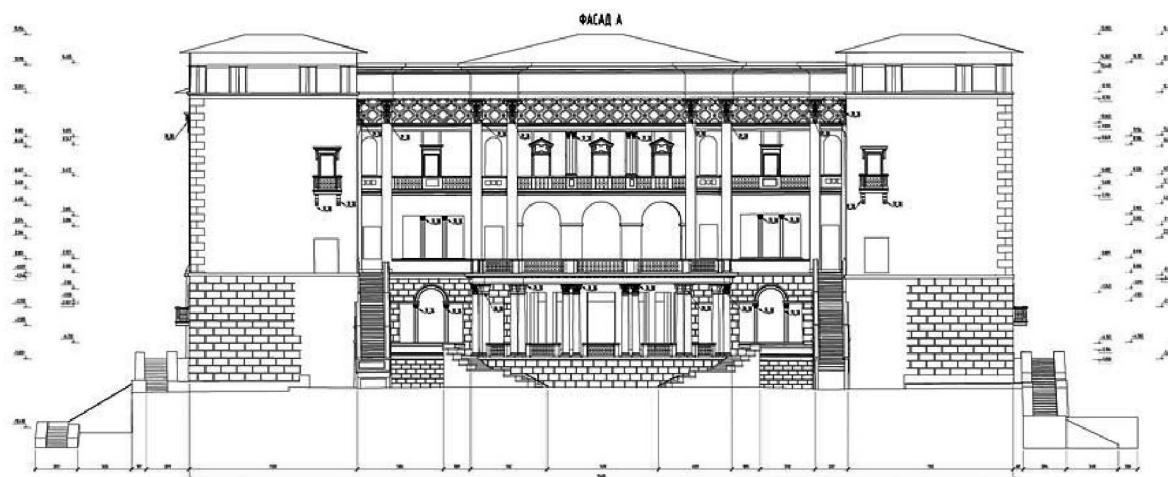
Режим работы фазоизмерительного устройства зависит от его температуры, с изменением которой незначительно изменяется фаза сигнала. Вследствие этого точное начало отсчета фазы определить нельзя. С этой целью фазовые измерения повторяются на эталонном отрезке (калибровочной линии) внутри прибора. Главное преимущество фазового метода измерения - более высокая точность, которая может достигать единиц миллиметров.

Данным способом измерений были выполнены архитектурные обмеры здания гостиницы «Интурист» для проведения восстановительных работ. В 2007 году специалисты компании «НГКИ» выполнили обмерные работы заброшенного здания гостиницы в Сочи при помощи технологии лазерного сканирования с целью подготовки проекта восстановления.

По итогу специалисты получили исполнительную документацию, планы, по которым в последствии будут составлены чертежи фасадов здания, поэтажные сечения и планы, модели в 3D-графике.

Для того что бы осуществить данный план работ все фасады здания, которые в общем составляют 1600 квадратных метров, были отсканированы с 40 станций. Помимо 3D-сканирования были проведены съемки внутренней части помещений и системы фонтанов суммарной площадью 2700 квадратных метров.





Обмерный чертеж одного из фасадов здания гостиницы «Интурист» в г. Сочи, построенный по результатам лазерного сканирования.

Выполнение архитектурных обмеров является обязательным этапом при реставрации объектов исторического и культурного наследия и памятников архитектуры. Владея необходимыми современными технологиями, такими как наземное лазерное сканирование, тахеометрические и GNSS-измерения проводятся следующие виды работ: обмеры фасадов, обмеры внутренних помещений, обмеры элементов интерьеров.

Таким образом благодаря своей универсальности и высокой степени автоматизации процессов измерений лазерный сканер является не просто геодезическим прибором, лазерный сканер – это инструмент оперативного решения самого широкого круга прикладных инженерных задач. С помощью НЛС снижается шанс погрешности и неточности, так же сводится к нулю человеческий фактор, ибо данный процесс практически полностью автоматизирован. Такого полного предоставления об объекте, которое может дать нам НЛС, не может дать ни один другой метод .

Так как в современном мире большинство чертежей выполняется в системах автоматизированного проектирования, то обмен данными снятыми данным способом не составит особого труда.

Технология наземного лазерного сканирования открывает новые возможности и дает необходимую информацию для развития современного метода трехмерного проектирования.

Литература:

1. Хашпакянц Н.О., Грибкова И.С. Применение лазерного сканирования в землеустройстве и кадастрах // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 9. – С. 27–35.
2. Пинчук А.П., Шевченко А.А., Голотина Ю.И., Астахова И.А. Основные геодезические работы при строительстве зданий и сооружений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 8. – С. 75–84.
3. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс геодезических работ для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 4. – С. 51–59.
4. Гура Т.А., Мавропуло М.Д., Ковалева А.А., Трошкин Н.И., Знова М.К., Стрельцов А.И. Мировой опыт создания информационных моделей объектов с помощью технологии сканирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 209–212.
5. Гура Т.А., Сирота П.В. Особенности сканирования архитектурных сооружений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 256–263.
6. Гура Т.А., Иналов Т.Р., Заворотынская В.В., Махинько А.С., Тхазеплова Д.А., Тлапшюков А.Т. Лазерное сканирование промышленных объектов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 225–229.

References:

1. Hashpakyants N.O., Gribkova I.S. Application of laser scanning in land management and inventories // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 9. – P. 27–35.
2. Pinchuk A.P., Shevchenko A.A., Golotina Yu.I., Astakhova I.A. The main geodetic works at construction of buildings and constructions // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 8. – P. 75–84.
3. Turov D.I., Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A. A complex of geodetic works for drawing up spatial measurement drawings of underground constructions on the example of hydroelectric power station // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 4. – P. 51–59.
4. Gura T.A., Mavropulo M.D., Kovalyov A.A., Troshkin N.I., Znova M.K., Streltsov A.I. International experience of creation of information models of objects by means of technology of scanning // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 209–212.
5. Gura T.A., Orphan P.V. Osobennosti of scanning of architectural constructions // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 256–263.
6. Gura T.A., Inalov T.R., Zavorotynskaya V.V., Makhinko A.S., Tkhezeplova D.A., Tlapshokov A.T. Laser scanning of industrial facilities // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 225–229.

УДК 528

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

THE USE OF ELECTRONIC TOTAL STATIONS FOR THE PRODUCTION OF TACHEOMETRIC SURVEY

Петренков Денис Васильевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Баштовой Леонид Александрович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
lenya.azin@yandex.ru

Шаззо Адыиф Адамовна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
dufashazzo@mail.ru

Тараскова Елизавета Александровна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Бритиков Владимир Александрович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
z.extrim30@gmail.com

Аннотация. Данная статья посвящена изучению геодезического прибора тахеометра и принципам работы с ним при производстве тахеометрической съемки.

Ключевые слова: тахеометр, тахеометрическая съёмка, геоизыскания, работа с тахеометром, геодезические работы.

Petrenkov Denis Vasilyevich

Assistant,
Department of Cadastre
and Geoengineering,
Kuban State Technological University
d.petrenkov93@mail.ru

Bashtovoi Leonid Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University
lenya.azin@yandex.ru

Shazzo Adyif Adamovna

Student,
Kuban State Technological University
dufashazzo@mail.ru

Taraskova Elizaveta Alexandrovna

Student,
Kuban State Technological University

Britikov Vladimir Alexandrovich

Student,
Kuban State Technological University
z.extrim30@gmail.com

Annotation. This article is devoted to the study of the geodetic device of the tacheometer and the principles of working with it in the production of tacheometric survey.

Keywords: tachymeter, tacheometric survey, geo-research, work with a total station, geodetic works.

Введение

При измерении топографо-геодезических работ в современном мире предъявляются все больше притязаний к скорости их выполнения, конечно качеству и оригинальной точности. Вследствие этого строительные организации обязаны применять свежие способы для измерения пространственных координат. При появлении геодезических всевозможных задач используются электронные тахеометры для их решения, которые остаются одними из главных объектов изучения и внедрения новых технологий на сегодняшний день.

Виды и принцип действия

Тахеометр – это геодезическое устройство, предназначенное для измерения подходящего расстояния, вертикальных, горизонтальных углов. При эксплуатации данного устройства возможно определять высоты и координаты всех необходимых

важных точек при топографической съёмке нужного участка области, а ещё применяют перенос координат и высот проектных точек, на работах при разбивке. Обширно используемым инструментом современного поколения является тахеометр. Первые прототипы тахеометров появились сравнительно недавно, в 70-х годах двадцатого века. Это устройство образовалось путем синтеза технологий теодолита и дальномера. Прорывом, вошедшим в историю тахеометров, стало использование электронной оптической системы отсчета углов. Объединив тахеометры в целую конструкцию, состоящую из угломерных и дальномерных устройств, клавиатуры, зрительной трубы, процессора, им дали название «интегрированные» тахеометры. Также появился второй вид тахеометров, называемый «модульным». Такие тахеометры состоят из отдельно сконструированного теодолита и светодальномера. Главным принципом работы с электронным тахеометром при измерении расстояний является фазовый способ изысканий, заключающийся в измерении разности фаз испускаемого и отражаемого луча. В некоторых современных моделях используется новый импульсивный способ изысканий, принцип которого заключается во времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно. Точность измерений зависит от технических характеристик прибора и внешних факторов: температуры, влажности и т.п.

Главная функция в диапазоне измерения расстояний зависит от режима тахеометра – отражательного или безотражательного. От уровня, ее строения, зависит дистанция измерений при безотражательном способе. При использовании гладкой поверхности, например плитки, дальность измерений в этом случае будет превышать максимальное расстояние в разы, чем измеренное на темной поверхности. При линейных измерениях с таким отражателем, как призма максимальная дальность может достигать до шести километров, а при нескольких призмах еще дальше. В безотражательном режиме, как правило, расстояния намного меньше. Они колеблются в пределах одного километра. Используя данный режим, можно измерять практически любую поверхность, но результаты могут быть весьма неточны, так как луч может проходить сквозь деревья, преграды, что соответственно будет препятствовать правильному отражению луча. Есть модели тахеометров, обладающих дальномером. В этой системе есть важное преимущество, здесь зрительная труба совмещена с системой фокусировки. Точность угловых измерений современным тахеометром достигает половины угловой секунды ($0^{\circ}00'00,5''$), расстояний – до $0,6 \text{ мм} + 1 \text{ мм на км}$ (например, в тахеометрах серии TS30 от фирмы Leica Geosystems) [1, с. 92].

Точность линейных измерений в безотражательном режиме – $2 \text{ мм} + 2 \text{ мм на км}$. В современных тахеометрах может присутствовать система GPS. Тахеометр, состоящий из отдельных модулей, можно использовать под конкретные необходимые задачи, исключив ненужную функциональность.

Области применения и стандартные прикладные задачи. При создании цифровой модели местности с дальнейшей передачей полученных данных в компьютер, незаменимым помощником становится электронный тахеометр. С помощью данного прибора возможно решать множество геодезических задач (определение расстояний, нахождение высот и координат объекта, прибор может выполнять функцию обратной засечки, а также расчеты относительно базовой линии) [2, с. 197]. Большинство современных тахеометров обладают достаточно хорошей памятью, которая сохранит все полученные данные при работе с прибором. Широкий интерфейс позволяет загружать координаты из ПК для выноса в натуру данных.

Поверки электронного тахеометра

Электронный тахеометр, как любой геодезический прибор, должен быть поверен и отъюстирован перед производством работ. В тахеометре должны выполняться геометрические условия, учитывая совмещенность угловых и дальномерных измерений. Полный набор всех поверок и юстировок проводится в специальных центрах, но малую их часть необходимо выполнять перед применением в полевых условиях, поскольку при пренебрежении поправками и погрешностями, вытекающими из данных поверок, снижается точность измеряемых данных. Перед поверками внимательно изучаем последовательность их проведения и юстировки по эксплуатации конкретной модели тахеометра.

Основные поверки электронного тахеометра:

1. Поверка уровней (круглого и цилиндрического);
2. Поверка оптического центрира;
3. Поверка компенсатора наклона вертикальной оси прибора;
4. Определение коллимационной ошибки и места нуля вертикального круга;
5. Определение постоянной поправки (K) дальномера электронного тахеометра;
6. Определение постоянной поправки отражателя;
7. Рабочая ось электронного дальномера должна совпадать с визирной осью зрительной трубы;
8. Рабочая ось указателя створа должна совпадать с визирной осью зрительной трубы тахеометра [3, с. 24–25; 8, с.190].

Применение электронных тахеометров для производства тахеометрической съемки. При анализе топографо-геодезической местности, после получения технических аспектов задания, определения данных координат нужной точности начинают работу на объекте. Вначале составляется проект, затем исследование ОГС пунктов, а также проводится рекогносцировка. ОГС – опорная геодезическая сеть, то есть сеть пунктов съемочного обоснования выбранных и расставленных в определенном порядке. Необходимо уточнить на базе какого ПО будет проводиться обработка итогов. Кроме того необходимо составить некоторый каталог по пунктам ОГС [4, с. 52–23].

Работу следует начинать с установки прибора в рабочее положение, сначала с центрирования прибора над пунктом ОГС, после выполнения всех необходимых поверок. Места измерений должны быть очищены, размечены или замаркированы [5, с. 190–192; 6, с.14]. Определяют высоту тахеометра от марки центра пункта до метки высоты устройства. Высота измеряется вплоть до миллиметра, потому советуют применять выдвижную вежу с миллиметровыми делениями. Её вставляют в отверстие в подставке до упора в марку, определяют высоту верха, подставки и к ней добавляют обычную высоту устройства. Высоту до отражателя определяют, направляя его на тахеометр.

При круге право наводят зрительную трубу на заднюю и переднюю точку хода, где установлен отчет, и снимают отчет по вертикальному кругу. Потом переводят зрительную трубу через зенит и ориентируют лимб по стороне хода, то есть устанавливают отсчет по горизонтальному кругу на 0° , и вращая лимб, направляют зрительную трубу на рейку, при этом алидада должна быть закреплена. После снимают отсчет по вертикальному кругу при круге лево и по вертикальному кругу вычисляют место нуля. Все показания зафиксировать в полевой журнал. После данных действий можно приступить к съёмке местности [6, с. 21–22].

Снимая данные о точках местности, необходимо поочередно наводиться на рейку в данной точке. Это большой и ответственный этап работы. После снятия необходимых данных можно приступить к построению плана тахеометрической съемки. Камеральные работы с построением плана включают в себя 3 этапа:

- 1) вычисление координат и отметок пунктов тахеометрических ходов;
- 2) вычисление отметок реечных точек;
- 3) построение плана тахеометрической съемки.

Также существуют погрешности, которые необходимо учитывать при работе. При измерении горизонтальных углов между точками находящимися на различной высоте в геодезических приборах могут возникать погрешности за неправильностью формы цапф и боковое гнущие зрительной трубы, которые должны учитываться в результатах геодезических измерений. Так, в методе исследования неправильности формы цапф горизонтальной оси теодолитов и тахеометров, определение неправильности формы цапф производится путем контактного измерения диаметра цапф при различных зенитных расстояниях зрительной трубы и обработки полученных измерений [7, с. 156–157].

Заключение

Тахеометр является уникальным и современным геодезическим прибором, объектом грандиозных изучений. Он имеет довольно прогрессивную систему работы, и его создание является поистине значимым шагом в становлении геодезических работ. Таким образом, я считаю что в ближайшем будущем мы сможем обозревать множество новых открытий и усовершенствований в данной области науки.

Литература:

1. Гура Т.А., Глазков Р.Е. Точность и надежность электронных тахеометров // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11. – С. 90–99.
2. Гура Т.А., Мокрицкий А.А. Особенности работы в координатах и с использованием линейно-угловой засечки при определении осадок сооружений : Европейские научные исследования / сборник статей Международной научно-практической конференции, под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 195–199.
3. Гура Т.А., Коломиец О.Г. Методика поверки современных высокоточных геодезических средств измерений на примере электронных тахеометров : Научные достижения и открытия 2017 / сборник статей победителей II Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 23–28.
4. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс геодезических работ для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 4. – С. 51–59.
5. Гура Т.А., Ерешко Т.С. Требования к точности выполнения геодезических измерений при определении осадок зданий : Европейские научные исследования / сборник статей Международной научно-практической конференции; под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 190–194.
6. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Аветисян Г.Г. Измерения геометрии высоких стальных трёхгранных сооружений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 6. – С. 13–19.
7. Пастухов М.А., Денисенко В.В., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Определение погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 11. – С. 155–171.
8. Грибкова Л.А., Максимова М.В., Морозов А.А. Методы определения угломерных погрешностей электронных тахеометров // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 6. – С. 187–195.

References:

1. Gura T.A., Glazkov R.E. Tochnost and reliability of electronic tacheometers // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 11. – P. 90–99.
2. Gura T.A., Mokritsky A.A. Features of work in coordinates and with use linearly – an angular notch when determining a deposit of constructions : The European scientific researches / the collection of articles of the International scientific and practical conference, under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 195–199.
3. Gura T.A., Kolomiyets O.G. Metodika of checking of modern high-precision geodetic measuring instruments on the example of electronic tacheometers: Scientific achievements and opening of 2017 / collection articles of winners of the II International scientific and practical competition. – 2017. – P. 23–28.
4. Turov D.I., Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A. A complex of geodetic works for drawing up spatial measurement drawings of underground constructions on the example of hydroelectric power station // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 4. – P. 51–59.
5. Gura T.A., Ereshko T.S. Requirements to the accuracy of performance of geodetic measurements when determining a deposit of buildings : European scientific research / collection of articles of the International scientific and practical conference; under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 190–194.
6. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Avetisyan G.G. Measurements of geometry of high steel three-faced constructions // News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography. – 2010. – No. 6. – P. 13–19.
7. Pastukhov M.A., Denisenko V.V., Gura D.A., Shevchenko G.G. Definition of an error of geodetic devices for abnormality of a form of pins and side bending of the telescope // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 11. – P. 155–171.
8. Gribkova L.A., Maximova M.V., Morozov A.A. Methods of definition of goniometric errors of electronic tacheometers // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 6. – P. 187–195.

УДК 528

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ANALYSIS OF MODERN METHODS OF CREATION OF TOPOGRAPHIC PLANS OF THE CONSTRUCTED TERRITORIES

Петренков Денис Васильевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Волкодав Полина Дмитриевна

студентка,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. Для повседневной деятельности человека особое значение имеют топографические планы застроенных территорий. Проектирование и строительство, а также реконструкция в городах невозможны без выполнения крупномасштабных топографических съёмок. Топографические планы необходимы и важны на каждом этапе застройки местности.

Ключевые слова: топографические планы, геодезическая съёмка, контур местности, условные знаки.

Petrenkov Denis Vasilyevich

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Volkodav Polina Dmitrievna

Student,
Kuban state technological university

Annotation. Topographic plans of built-up areas are of particular importance for daily human activity. Design and construction, as well as reconstruction in cities are impossible without large-scale topographic surveys. Topographical plans are necessary and important at every stage of the development of the area.

Keywords: topographic plans, geodetic survey, contour of terrain, conventional signs.

Такой комплекс работ, как топографическая съёмка, при проведении геодезических изысканий, является одним из самых востребованных. А её результат – топографический план, пользуется спросом на рынке земли и его подготовка входит в перечень услуг любой геодезической компании. Информация о положении всех объектов на некотором участке местности, расстояниях между ними и рельефе этого участка ценна при территориальном планировании.

Модели местности в виде различных планов и карт вот уже несколько тысячелетий имеют исключительно важное значение в жизни людей. Теперь, с помощью спутниковых технологий, мы имеем возможность получать карты даже тех уголков нашей планеты, где никогда не ступала нога человека.

В наше время наблюдается постоянный рост городов, а также расширение водопроводных, канализационных и электрических сетей. Строится большое количество зданий социально бытового и культурного назначения, причем форма этих зданий в последнее время ограничивается лишь фантазией архитекторов. Все это требует специальной работы инженеров. Результатами съёмки являются современные цифровые модели местности, а также различные карты и планы объекта. Каждый вид топографии предполагает создание планового и высотного обоснования. В этом процессе реализуется основной метод геодезии – метод дедукции (то есть от общего к частному). Сначала происходит общая съёмка всего участка земли, а потом производятся работы над мелкими деталями, которые необходимы для составления карты и плана [9, с. 241].

В современной геодезии выделяют следующие методы топографических съёмок:

Тахеометрическая съёмка

Основная цель: точное составление детализированного плана местности, который относится к участку земли.

Преимущества: наглядное определение высоты и основного рельефа местности в более крупном масштабе.

Нивелирование поверхности

Основная цель: данный метод нашёл применение в строительстве монтажных площадок для горных карьеров, так как скалистую местность удается хорошо снять именно этим методом топографической съёмки, - в этом и заключается его преимущество [1, с. 87, 89].

Лазерное сканирование

Преимущества: получение объёмных изображений местности в виде 3D моделей [7, с. 127]. Когда практические условия не позволяют провести классическую съёмку, на помощь инженерам приходят лазерные сканеры, предоставляющие получение самой точной информации о местности. Одно из современных и актуальных средств измерений. В то же время, есть значительный недостаток – стоимость услуг лазерного сканирования на порядок выше остальных [2, с. 44].

Аэрофотосъёмка – еще один распространённый вид топографических работ.

Преимущество: используется в тех случаях, когда осуществить съёмку местности наземным путём невозможно. Реализуется беспилотными летательными аппаратами. [6, С.119]

Сегодня заказчики крупномасштабных топографических съёмок нацелены на высокую точность при проектировании и строительстве различных транспортных, промышленных, жилых сооружений и зданий, различных коммуникаций (водопровод, канализация, электросети), поэтому в городах миллионниках требуются планы масштаба 1:500 и 1:200 [3, с. 19].

При планировании территории и подготовке топографических работ потребитель должен учитывать такие факторы:

1. Размер территории (влияет на цену, предоставленную заказчику по окончании составления сметы);
2. Сложность рельефа (влияет на сроки сдачи);
3. Степень застройки (влияет на простоту и читаемость плана).

Затем начинается непосредственно съёмка территории, включающая в себя следующие этапы:

- Подготовительный этап – сбор всей необходимой информации, получение технического задания, подготовка договорной документации.
- Полевой этап – рекогносцировка территории, создание опорных геодезических сетей с использованием GPS системы, также возведение плано-высотных съёмочных геодезических сетей. Осуществляется работа с подземными и надземными сооружениями, проводится топографическая съёмка [4, с. 26, 27].
- Камеральный этап – обработка собранной информации, составление плана территории, подготовка технического отчета [5, с. 3].

Результаты съёмки могут быть представлены в графическом виде, на бумаге, или же в электронном варианте в формате цифровой модели местности [8, с. 108]. При составлении топоплана придерживаются нанесения тех топографических условных знаков, которые находятся в перечне, составленном Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэросъёмки и картографии ГУГК и утверждены ГУГК при Совете Министров СССР 25 ноября 1986 г. До настоящего времени они дошли без значительных изменений и используются повсеместно.

Для правильного проектирования любого сооружения данные о местности, на которой оно будет расположено, всегда важны и необходимы. Топографическая съёмка, таким образом – это источник данных для грамотного проекта, который будет учитывать реальное положение дел на участке и тем самым даст возможность избежать множества проблем на этапе как прокладки коммуникаций и строительства, так и сдачи постройки в эксплуатацию.

По результатам проведённого анализа, был выявлен наиболее совершенный комбинированный метод съёмки (аэрофотографическая, спутниковая и тахеометрическая), как наиболее оперативный, мобильный и экономически эффективный. Работы могут выполняться в любое время года, не зависят от времени суток и погодных условий, тем самым делая метод универсальным.

Литература:

1. Лебедев Н.Н. Курс инженерной геодезии. – М. : Недра, 1979. – С. 44.
2. Гура Д.А., Бушнева И.А., Безверхова Ю.А., Шевченко Г.Г. Об использовании наземного лазерного сканирования для получения фасадных чертежей исследуемых зданий и сооружений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 11. – С. 89–97.
3. Инструкция по топографической съемке в масштабах: 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М. : Недра, 1985. – С. 19.
4. Инженерно-геодезические изыскания для строительства : СП 11-104-97. – С. 3.
5. Михелев Д.Ш. Лобанов А.А. Анализ современных методов создания крупномасштабных топографических планов застроенных территорий // Известия высших учебных заведений. Геодезия и Аэрофотосъемка. – М. : МИИГАиК, 2002. – № 6. – С. 14–32.
6. Гура Д.А., Рудик Е.А. Проведение топографической съемки с применением спутниковых систем и электронных тахеометров // Материалы IV Международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 118–120.
7. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Глазков Р.Е. Анализ программного обеспечения для обработки данных наземного лазерного сканирования // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. – Т. 12. – № 3. – С. 127–140.
8. Абушенко С.С., Амиров Э.К., Гура Д.А., Аветисян Г.Г. Проблемы, возникающие при выполнении контрольно-исполнительной съемки : сборник: Науки о земле на современном этапе / Материалы IV Международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 107–109.
9. Гура Т.А., Погодина П.В., Ищук Ю.П., Рабданов Д.М., Гайко Е.В. Среда Autocad Civil 3D: анализ программы, способы и методы обработки данных инженерно-геодезических изысканий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 240–242.

References:

1. Lebedev N.N. Course of engineering geodesy. – M. : Nedra, 1979. – P. 44.
2. Gura D.A., Bushneva I.A., Bezverkhova Yu.A., Shevchenko G.G. About use of land laser scanning for obtaining front drawings of the explored buildings and structures // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 11. – P. 89–97.
3. The instruction for survey in scales: 1:5000, 1:2000, 1:1000 and 1:500. – M. : Nedra, 1985. – P. 19.
4. Engineering and geodetic researches for construction : SP 11-104-97. – P. 3.
5. Mikhelev D.Sh. Mulletts A.A. The analysis of modern methods of creation of large-scale topographical plans of the built-up territories // News of higher educational institutions. Geodesy and Aerial photography. – M. : MIIGA and K, 2002. – No. 6. – P. 14–32.
6. Gura D.A., Rudik E.A. Carrying out survey with use of satellite systems and electronic tachometers // Materials IV of the International scientific and practical conference. – 2012. – P. 118–120.
7. Shevchenko G.G., Gura D.A., Glazkov R.E. The analysis of the software for data processing of land laser scanning // Modern industrial and civil engineering. – 2016. – T. 12. – No. 3. – P. 127–140.
8. Abushenko S.S., Amirov E.K., Gura D.A., Avetisyan G.G. The problems arising when performing control executive shooting: collection: Sciences about the earth at the present stage / Materials IV of the International scientific and practical conference. – 2012. – P. 107–109.
9. Gura T.A., Pogodina P.V., Ishchuk Yu.P., Rabdanov D.M., Gayko E.V. Autocad Civil 3D environment: analysis of the program, ways and methods of data processing of engineering and geodetic researches // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 240–242.

УДК 528

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕОДОЛИТЫ И ТАХЕОМЕТРЫ

ELECTRONIC THEODOLITES AND TOTAL STATIONS

Петренко Денис Васильевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Климова Полина Олеговна

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
Polia.klimova@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору современных тахеометров и теодолитов применяемых для геодезических измерений.

Ключевые слова: тахеометр, электронный, теодолит.

Petrenkov Denis Vasilyevich

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Klimova Polina Olegovna

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
Polia.klimova@mail.ru

Annotation. This article is devoted to a review of modern tacheometers and theodolites used for geodetic measurements.

Keywords: tacheometer, electronic, theodolite.

При проведении топографо-геодезических работ больше требований предъявляются к их срокам и качеству выполнения. Это стимулирует проектно-изыскательные, земельно-кадастровые и строительные организации вводить в использование все новые средства измерения пространственных координат, а также удобное программное обеспечение, комплексные технологии, которые позволяют применять технические средства для полевых и камеральных этапов работы и обеспечивать более простое объединение данных геодезических измерений в САПР и ГИС.

Важное место среди геодезических приборов продолжают занимать электронные тахеометры и теодолиты. Данные приборы активно применяются для решения задач в области геодезии.

Электронные теодолиты: виды и принцип действия

Теодолит – специальный прибор для измерения горизонтальных и вертикальных углов на местности.

В новых высокоточных теодолитах, выпуск которых начат несколько лет назад, используется система отсчета с оптико-электронным сканированием, позволяющая автоматизировать процесс угловых измерений и повысить приборную точность. Теодолит T2000S фирмы «Вилья Хербург» (Швейцария) относится к таким приборам. Зрительная труба в этом теодолите имеет прямое изображение и увеличение 26, 35, 43 и 59". Имеется два режима работы: следящий – для наблюдения за подвижной целью и простой – для высокоточных угловых измерений. Точность отсчета по кругам – 1, или 0,1" – по усмотрению наблюдателя. Отсчеты выражаются в градусах или гонах (1400 части окружности) [2, с.11–15].

Теодолит имеет дисплейную панель управления и регистратор. клавишами задают режим работы теодолита, на экран дисплея выводятся значения измерительных углов. Регистратор хранит записанную информацию, ведет математическую обработку результатов измерений согласно заданной программой. К регистратору можно подключить компьютер. T2000S простой в обращении, надежен и обеспечивает высокую точность и эффективность измерений [4, с. 32–33].

Классификация устройств

В современной геодезии люди используют различные виды электронных теодолитов для решения самых разносторонних задач. Например:

- Оптические теодолиты являются наиболее распространенными. Они точны и надежны для использования в полевых условиях. Имеют ряд преимуществ перед электронными сотоварищами: не нуждаются в элементах питания для работы и их легко применять. Оптические теодолиты могут выполнять работу в достаточно широком температурном диапазоне, даже при отрицательной температуре [1, с. 15–17].

- Лазерные теодолиты тоже не отличаются сложностью эксплуатации. В таком приборе используется лазерный луч, который служит точным указателем. В лазерных теодолитах объединены функции двух устройств – визира и высокочастотного электронного инструмента для измерений. Прибор оборудован мощным процессором, который выполняет все расчеты и результаты выводит на дисплей устройства. Легкость использования и удобство такого теодолита бесспорно.

- В цифровых теодолитах не применяют вертикальные и горизонтальные круги, содержащие поградусную разметку. Вместо них используются штрих-кодовые диски. Прибор выполняет замеры автоматизированным способом. Конструкция такого прибора содержит запоминающее устройство. Теодолит хранит данные во внутренней памяти. Поскольку эти устройства содержат источники питания и ЖК-дисплей с ними не следует работать в условиях сложного климата и при низких температурах [3, с. 23–24].

- Фототеодолиты и кинотеодолиты – это категории инструментов, имеющих специфическое назначение. Их конструкция объединяет в себе теодолит и фотокамеру, которая определяет топографические координаты. Основное назначение кинотеодолитов – фиксация траектории перемещения объектов как на земле, так и в воздухе [7, с.35].

Области применения

Данные геодезические приборы используют в следующих областях:

- при построении топографических карт и планов, а также целых сетей геодезических пунктов на участке местности;
- для определения положения точек на участке относительно друг друга;
- для выполнения строительных работ, при фиксации горизонтальностей или вертикальностей сооружений (сваи, колонны и т.д) [5, с. 45].

Электронные тахеометры

Электронным тахеометром называют универсальный оптико-электронный геодезический прибор, позволяющий выполнить практически все виды работ в современной геодезии с высокой точностью измерений [6, с. 65]. Тахеометр соединяет в себе функции как теодолита и как нивелира, и как светодальномера, что доказывает его функциональность. С помощью данного прибора можно производить прямые и косвенные измерения, которые сразу выносятся на дисплей, а именно:

- измерения расстояний(длин и горизонтальных проложений);
- определение углов (горизонтальных и вертикальных);
- нахождение плановых и высотных координат.

Кроме стандартных задач электронный тахеометр способен решать прикладные задачи, такие как:

- нахождение координат точки стояния тахеометра, при решении обратной геодезической засечки на местности;
- вычисление наклонной длины, горизонтального проложения;
- определение площади ограниченной линиями, проходящими через точки с полученными координатами после полевых измерений;
- вычисление координат теодолитного хода с линейной, угловой, относительной, координатными невязками, при уравнивании хода и получении истинных координат точек.

В работе электронных тахеометров лучше всего использовать весь комплекс автоматизации комплексного процесса, используя персональный компьютер и программное обеспечение для передачи данных. Данный процесс позволяет упростить аналитическую подготовку исходных данных, при всем этом уменьшается процент появления ошибки в результате человеческого фактора. Использование электронных тахеометров способствует росту скорости обработки полученных результатов и производительности труда всего геодезического производства [10, с. 123].

Классификация устройств

Интегрированные тахеометры- приборы, в которых все устройства объединены в один механизм [9, с. 54].

Модульные тахеометры состоят из отдельно сконструированного теодолита и светодальномера.

В электронных тахеометрах измерить расстояния можно несколькими методами, например, фазовый метод- метод измерения по разности фаз испускаемого и отраженного луча, а также (в некоторых современных моделях) используют импульсный метод – по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно [8, с. 29]

Диапазон измерения расстояний зависит также от режима работы тахеометра: отражательный или безотражательный. Дальность измерений при безотражательном режиме напрямую зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится измерение. Дальность измерений на светлую гладкую поверхность (штукатурка, кафельная плитка и пр.) в несколько раз превышает максимально возможное расстояние, измеренное на темную поверхность. Максимальная дальность линейных измерений для режима с отражателем (призмой) – до пяти километров (при нескольких призмах – ещё дальше); для безотражательного режима – до одного километра. Модели тахеометров, которые имеют безотражательный режим, могут измерять расстояния практически до любой поверхности, однако следует с осторожностью относиться к результатам измерений, проводимых сквозь ветки, листья и подобные преграды, поскольку неизвестно, от чего именно отразится луч, и, соответственно, расстояние до чего он измерит.

Точность угловых измерений современным тахеометром достигает половины угловой секунды ($0^{\circ}00'00,5''$), расстояний – до $0,6 \text{ мм} + 1 \text{ мм на км}$ (например, в тахеометрах серии TS30 от фирмы Leica Geosystems).

Точность линейных измерений в безотражательном режиме – $2 \text{ мм} + 2 \text{ мм на км}$.

Тахеометры, собираемые из отдельных модулей, позволяют выбрать компоненты именно под конкретные прикладные задачи, полностью исключив лишнюю функциональность.

Области применения

При строительстве гидротехнических сооружений:

Проектные горизонталы контура водохранилища выносят на местность способом геометрического нивелирования с нивелирных ходов высотного геодезического обоснования. На крутых склонах применяют метод тригонометрического нивелирования, который легко может быть реализован при использовании электронных тахеометров. Проектные линии закрепляют деревянными столбами либо другим способом, обеспечивающим длительную сохранность точки.

При строительстве тоннелей и мостов:

Цель работы состоит в измерении все углов и расстояний. Для этого используют электронные тахеометры, измерения выполняют не менее чем тремя способами.

Для исполнительной съемки лифтовых шахт:

Огромные возможности тахеометра позволяют упростить работу, так как прибор используют не только в функции вертикального проецирования, но и для исполнительной съемки [11, с. 34–35].

Заключение

При выполнении инженерно-монтажных и строительных работ очень важна точность. И делать сложные построения, что называется, «на глаз» в таких случаях недопустимо. Существует большое количество геодезических приборов, которые позволяют грамотно выполнить измерения и расчеты [12]. Таким образом, выбор теодолита остается за вами, что непосредственно зависит от сферы проведения работ.

Литература:

1. Ворошилов А.П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ : учебное пособие. – Челябинск, 2007.

2. Захаров В.В., Хомич А.А. Электронные тахеометры NIKON NIVO – инновационные решения, доступные всем // Геопрофи. – 2009. – № 6.
3. Хлебодаров М.Ю. Современные технологии традиционной геодезии // Геопрофи. – 2008. – № 3.
4. Интулов И.П. Инженерная геодезия в строительном производстве. – 2007.
5. Поклад Г.Г. Геодезия : учебное пособие для вузов. – М. : Академический проект, 2007. – 592 с.
6. Попов В.Н., Чекалин С.И. Геодезия : учебник для вузов. – М. : Горная книга, 2007.
7. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Бердзенишвили С.Г. Экспериментальные исследования погрешностей измерений горизонтальных углов с помощью электронных тахеометров // Методы измерения. – 2014. – Т. 57. – № 3. – С. 277–279.
8. Гура Т.А., Мокрицкий А.А. Особенности работы в координатах и с использованием линейно-угловой засечки при определении осадок сооружений : Европейские научные исследования / сборник статей победителей II Международной научно-практической конференции; под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 195–199.
9. Гура Т.А., Глазков Р.Е. Точность и надежность электронных тахеометров // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11 (364). – С. 90–99.
10. Гура Т.А., Коломиец О.Г. Методика поверки современных высокоточных геодезических средств измерений на примере электронных тахеометров : Научные достижения и открытия 2017 / сборник статей победителей II Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 23–28.
11. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Аветисян Г.Г. Измерения геометрии высоких стальных трёхгранных сооружений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 6. – С. 13–19.
12. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров : монография. – Краснодар, 2016. –144 с.

References:

1. Voroshilov A.P. Satellite systems and electronic tacheometers in ensuring construction works : manual. – Chelyabinsk, 2007.
2. Zakharov V.V., Homich A.A. Electronic NIKON NIVO tacheometers – the innovative solutions available to all // the Geopro. – 2009. – No. 6.
3. Hlebodarov M.Yu. Modern technologies of traditional geodesy // Geopro. – 2008. – No. 3.
4. Intulov I.P. Engineering geodesy in construction production. – 2007.
5. Poklad G.G. Geodesy : manual for higher education institutions. – M. : Academic project, 2007. – 592 p.
6. Priests V. N., Chekalin S.I. Geodesy : the textbook for higher education institutions. – M. : Mountain book, 2007.
7. Zheltko Ch.N., Gur D.A. yolk., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Experimental researches of errors of measurements of horizontal corners by means of electronic tacheometers // measurement Methods. – 2014. – Т. 57. – No. 3. – P. 277–279.
8. Gura T.A., Mokritsky A.A. Features of work in coordinates and with use linearly – an angular notch when determining a deposit of constructions : European scientific researches / collection of articles of the International scientific and practical conference; under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 195–199.
9. Gura T.A., Glazkov R.E. Tochnost and reliability of electronic tacheometers // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 11 (364). – P. 90–99.
10. Gura T.A., Kolomiyets O.G. Metodika of checking of modern high-precision geodetic measuring instruments on the example of electronic tacheometers : Scientific achievements and opening of 2017 / collection articles of winners of the II International scientific and practical competition. – 2017. – P. 23–28.
11. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Avetisyan G.G. Measurements of geometry of high steel three-faced constructions // News of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography. – 2010. – No. 6. – P. 13–19.
12. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. About researches of goniometric errors of electronic tacheometers : monograph. – Krasnodar, 2016. –144 p.

УДК 528

ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХЕОМЕТРЫ: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ВИДЫ И ПРИНЦИП РАБОТЫ

ELECTRONIC TACHEOMETERS: GENERAL INFORMATION, TYPES AND PRINCIPLES OF OPERATION

Петренков Денис Васильевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Лопатченко Александр Николаевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
molot.22@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена обзору современных тахеометров применяемых для геодезических измерений.

Ключевые слова: тахеометр, электронный.

Petrenkov Denis Vasilyevich

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Lopatchenko Alexander Nikolaevich

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
molot.22@mail.ru

Annotation. This article is devoted to a review of modern tacheometers used for geodetic measurements.

Keywords: tachymeter, electronic.

В настоящее время при проведении топографо-геодезических работ значительные требования предъявляются к срокам их выполнения при строгом соблюдении требуемой точности и качества. Данное обстоятельство стимулирует строительные, проектно-изыскательские и земельно-кадастровые организации использовать современные средства измерения пространственных координат, универсальное и практичное программное обеспечение, комплексные технологии, позволяющие автоматизировать камеральные и полевые этапы работ, обеспечивающие наиболее легкое интегрирование данных геодезических измерений в САПР и ГИС. Несмотря на стремительное развитие новых областей геодезии, таких как наземное лазерное сканирование и спутниковые методы измерения, традиционные геодезические приборы – электронные тахеометры не перестают занимать не менее важное место среди геодезических приборов. Тахеометр – геодезический прибор для измерения вертикальных и горизонтальных углов, расстояний [1, с. 196]. Применяется при вычислении высот точек и координат местности при топографической съёмке местности, при разбивочных работах, переносе на местность координат проектных точек и высот. Интегрированные тахеометры, в которых все устройства (угломерные, дальномерные, процессор, зрительная труба, клавиатура) объединены в один механизм. Модульные тахеометры, которые собраны из отдельно сконструированного теодолита (электронного или оптического) и светодальномера [2, с. 144]. В электронных тахеометрах все расстояния измеряются за счет разности фаз испускаемого и отраженного луча, так называемый «фазовый метод», а в редких случаях – по времени прохождения луча лазера до отражателя и обратно, так называемый «импульсный метод». Точность измерения зависит от технических возможностей модели тахеометра, а также от многих внешних параметров: температуры, давления, влажности и т.п. Диапазон измерения расстояний вдобавок зависит от режима работы тахеометра: отражательный либо безотражательный. Дальность измерений при безотражательном режиме непосредственно зависит от отражающих свойств поверхности, на которую производится данное измерение [3, с. 94]. Дальность измерений на светлую гладкую поверхность (штукатурка, стены, кафельная плитка и т.п.) в разы превышает максимально возможное расстояние, измеренное на темную поверхность. Пиковая дальность линейных измерений в режиме с отражателем (призмой)

достигает пяти километров (при наличии нескольких призм – ещё дальше); для безотражательного режима достигает одного километра. Модели тахеометров, которые имеют безотражательный режим, способны измерять расстояния фактически до любой поверхности, но следует с осторожностью относиться к результатам измерений, которые проводятся сквозь ветки, листья и подобные препятствия, поскольку неизвестно, от чего именно отразится луч, и, соответственно, расстояние до чего он измерит. Точность угловых измерений современным тахеометром может достигать половины угловой секунды ($0^{\circ}00'00,5''$), расстояний – до $0,6 \text{ мм} + 1 \text{ мм на км}$ (например, в тахеометрах серии TS30 от фирмы Leica Geosystems) [4, с. 190]. Точность линейных измерений в безотражательном режиме – $2 \text{ мм} + 2 \text{ мм на км}$. Большая часть современных тахеометров оборудованы вычислительными и запоминающими устройствами, которые позволяют сохранять измеренные или проектные данные, вычислять координаты точек, недоступных для прямых измерений, по косвенным наблюдениям, и т.д. Немногие современные модели дополнительно оснащены системой GPS (например, Leica Smart Station) [5, с. 23–28]. Ещё одна особенность современных измерительных устройств в их защищённости. Работы производятся при разных метеорологических условиях, но дождь, снег, ветер, пыль и грязь не приносят никакого вреда. Существуют модели, рассчитанные на эксплуатацию в особенно жёстких условиях. Например, устройство способно работать при -30 градусов. Подобные модели используют при работе в северных районах [6, с. 187–191].

Как пользоваться тахеометром?

Лазерное устройство необходимо при выполнении вычислений и выносе показаний в натуру. Его устанавливают на точке с известными координатами, задаются точки для ориентации или угол ориентирования. Далее производится создание точки для выноса результатов. Все координаты высвечиваются на панели автоматически при малейшем изменении положения устройства. Следовательно, легко проводить любые работы тахеометром с вмещением или же между точками и высотами. Наиболее удобна функция обратной засечки при выполнении геодезических работ в карьере. Суть состоит в том, что устройство устанавливается на первом объекте для вычисления координат, вдобавок лучше всего устанавливать его на краях карьера. После завершения съёмки тахеометр снова устанавливается для повторной обратной засечки. Координаты рассчитываются в обратную сторону, а программное обеспечение анализирует и получает картинку о сделанных работах, схемах и разделяет всё это на квадраты, имеющие общее описание.

Преимущества тахеометра

Работа с теодолитом требует вести записи в журнал, а работа с тахеометром лишь вести абрис, а данные по дистанциям, углам и номерам пикетов прибор записывает и сохраняет в памяти. При изменении местоположения данного геодезического прибора следует лишь задать новую станцию и первый пикет, а далее навести на отражатель и получить рассчитанные тахеометром измерения, нажав одну кнопку. Электронный тахеометр рассчитывает горизонтальные дистанции самостоятельно, в автоматическом режиме. На его мониторе демонстрируются наклонное расстояние, положении по горизонтали и превышения, или же наклонное расстояние и углы (горизонтальный и вертикальный) – отображение любого из двух данных вариантов управляется вручную оператором. Тахеометр необходим при проведении выноса в натуру – для этого надо установить его в точке с известными координатами, задать координаты точки ориентирования или же ввести дирекционный угол для ориентирования. Далее выставить точку для выноса, введя ее координаты – на мониторе прибора высветится угол поворота и дистанция, которую нужно отмерить в данном направлении. Разумеется, с помощью тахеометра можно производить измерения дистанции между точками и высоты объекта, замеры со смещением – этот прибор осуществляет все функции теодолита. При выполнении геодезических работ в карьере будет удобна такая полезная функция как – получение собственных координат путем обратной засечки. При первой установке электронного тахеометра, за счет использования отражательной пленки,

вычисляются координаты некоторых объектов, которые располагаются на краях карьера. После завершения карьерных работ прибор устанавливается вторично и, воспользовавшись обратной засечкой, рассчитываются координаты точки установки, вдобавок проводится съемка карьера. Соответствующее программное обеспечение на основании вычислений тахеометра поможет быстро получить картину выполненных работ в карьере – схемами по квадратам, с их общим описанием [7, с. 109].

Применение тахеометра

При строительстве мостов и тоннелей

В разбивочной сети измеряют по возможности все углы и расстояния. Измерения выполняют с помощью электронных тахеометров не менее чем тремя приемами. Углы измеряют со средней квадратической погрешностью 2"–5", а расстояния – 2–3 мм. Средние квадратические погрешности определения координат пунктов не должны превышать 6 мм.

При строительстве гидротехнических сооружений

Проектные горизонталы контура водохранилища выносят на местность способом геометрического нивелирования с нивелирных ходов высотного геодезического обоснования. На крутых склонах применяют метод тригонометрического нивелирования, выполненный при использовании электронных тахеометров. Проектные линии закрепляют столбами из древесины либо другим способом, обеспечивающим длительную сохранность точки [8, с. 164–165].

Для исполнительной съемки лифтовых шахт

Современный электронный тахеометр значительно упрощает выполнение этой задачи, так как данный прибор можно использовать не только в функции вертикального проецирования, а так же для исполнительной съемки лифтовой шахты усовершенствованным полярным способом. При реализации электронный тахеометр, снабженный диагональным окуляром, устанавливают над опорным знаком в приямке шахты, а контрольные точки лифтовой шахты определяют за счет построенной переносной марки-светоотражателя в виде диска радиусом r , закрепленный на стержне-ручке и ориентированный перпендикулярно лазерному лучу.

Заключение

При выборе какой-либо модели электронного тахеометра, а точнее при выборе какого-либо производителя, так как характеристики тахеометров в разных ценовых категориях в целом аналогичны, главным условием будет приобретение прибора у опытного и профессионального поставщика. Специализированные работники подберут модель, подходящую по всем критериям и нуждам заказчика, включая современное программное обеспечение, работой с которым необходимо будет обучить сотрудников заказчика. По частоте упоминания в профессиональной литературе и на онлайн-ресурсах, в ТОП-список входят:

- Leica, Швейцария;
- Sokkia, Япония;
- Nikon, Япония;
- Topcon, Япония.

Современные тахеометры сложны по своему устройству и отнюдь не дешевы – тщательность в выборе прибора с оптимальным набором функций крайне важна.

Литература:

1. Гура Т.А., Мокрицкий А.А. Особенности работы в координатах и с использованием линейно-угловой засечки при определении осадок сооружений : Европейские научные исследования / сборник статей Международной научно-практической конференции; под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 195–199.
2. Исмаилов В., Фурсина Ю.В., Иванова С.О., Валуева Ю.М., Семиренко В.А., Шевченко Г.Г. Скорость и точность – отличие современных геодезических приборов от классических. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=499> (дата обращения: 03.07.2018).

3. Гура Т.А., Глазков Р.Е. Точность и надежность электронных тахеометров // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11 (364). – С. 90–99.

4. Кононец М.Ю. Обеспечение точности измерения электронными тахеометрами. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=903> (дата обращения: 03.07.2018).

5. Гура Т.А., Коломиец О.Г. Методика поверки современных высокоточных геодезических средств измерений на примере электронных тахеометров : Научные достижения и открытия 2017 / сборник статей победителей II Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 23–28.

6. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров : монография. – Краснодар, 2016.

7. Пинчук А.П., Голотина Ю.И., Гурова М.С., Шумейкина В.С. Об исследованиях оптических теодолитов и электронных тахеометров. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=492> (дата обращения: 03.07.2018).

8. Баллуйан И.В. Геодезические работы при строительстве зданий и сооружений. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=897> (дата обращения: 03.07.2018).

References:

1. Gura T.A., Mokritsky A.A. Features of work in coordinates and with use linearly – an angular notch when determining a deposit of constructions : European scientific researches / collection of articles of the International scientific and practical conference; under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 195–199.

2. Ismailov V., Fursina Yu.V., Ivanov S.O., Valuyeva Yu.M., Semirenko V. A., Shevchenko G.G. Skorost and accuracy – difference of modern geodetic devices from classical. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=499> (date of the address: 7/3/2018).

3. Gura T.A., Glazkov R.E. Tochnost and reliability of electronic tacheometers // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 11 (364). – P. 90–99.

4. Kononets M.Yu. Ensuring accuracy of measurement with electronic tacheometers. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=903> (date of the address: 7/3/2018).

5. Gura T.A., Kolomiyets O.G. Metodika of checking of modern high-precision geodetic measuring instruments on the example of electronic tacheometers : Scientific achievements and opening of 2017 / collection articles of winners of the II International scientific and practical competition. – 2017. – P. 23–28.

6. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. About researches of goniometric errors of electronic tacheometers : monograph. – Krasnodar, 2016.

7. Pinchuk A.P., Golotina Yu.I., Gurova M.S., Shumeykina V.S. About researches of optical theodolites and electronic tacheometers. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2016/2-2016?id=492> (date of the address: 7/3/2018).

8. Balluyan I.V. Geodetic works at construction of buildings and constructions. – URL : <http://id-yug.com/index.php/ru/ntt/archiv/2017/2-2017?id=897> (date of the address: 7/3/2018).

УДК 528

ПРИМЕНЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ ТРАССОИСКАТЕЛЕЙ И ГЕОРАДАРОВ

APPLICATION IN ENGINEERING AND GEODETIC SURVEYS OF LOCATORS AND GEORADARS

Петренко Денис Васильевич
ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Уткина Ольга Александровна
студентка,
Кубанский государственный
технологический университет
u.olga13@yandex.ru

Аннотация. В данной статье отражаются области применения георадаров и трассоискателей в геодезии и инженерно-геодезических изысканиях, их особенности, сложность и легкость в использовании. Показаны положительные моменты работы с приборами, при этом названы особенности эксплуатации, а так же ее необходимость в той или иной сфере деятельности. Названы принципы работы приборов, а так же их роль в качестве современного оборудования для облегчения работы специалистам.

Ключевые слова: трассоискатель, георадар, геодезия, инженерно-геодезические изыскания, подземные коммуникации.

Petrenkov Denis Vasilyevich
Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Utkina Olga Alexandrovna
Student,
Kuban state technological university
u.olga13@yandex.ru

Annotation. In this article, the areas of application of georadars and locators in geodesy and engineering-geodetic surveys, their features, complexity and ease of use are reflected. Positive moments of work with devices are shown, thus features of operation are named, and also its necessity in this or that field of activity. The principles of operation of devices, as well as their role as modern equipment for facilitating the work of specialists, are named.

Keywords: locator, georadar, geodesy, engineering and geodetic surveys, underground communications.

Геодезия как наука сейчас очень активно развивается в связи с вовлечением новых информационных технологий в строительство, а также улучшение и упрощения этого процесса. Перед началом геодезических работ проводят инженерно-геодезические изыскания, при этом используя также современные приборы, такие как георадар и трассоискатель.

Для того, чтобы понять, как они работают, необходимо разобраться, что представляют из себя эти приборы [1, с. 169, 170].

В геодезических изысканиях и других видах работ, необходимых для строительства, применяют трассоискатели, которые служат для обнаружения трубопроводов с туннелями и кабельными сетями. Чтобы обезопасить процесс строительства на местности, до его начала необходимо определить, где находятся инженерные подземные коммуникации объекта. Следовательно, работу с этим прибором проводят непосредственно перед началом строительства, то есть перед проектными и изыскательными работами [3, с. 133, 134]. Конечно, чтобы облегчить работу специалистам, рекомендуется взять план местности, на которых показаны все подземные инженерные коммуникации, имеющиеся на данной необходимой для строительства местности. Но для более качественной работы и во избежание непредвиденных ситуаций, так как далеко не всегда можно доверять проектной документации, особенно если они проложены давно, необходимо уточнить данные местности с помощью трассоискателя на объекте. Так всё-таки, зачем нужно именно самостоятельно искать подземные коммуникации, используя трассоискатель? Первое, необходимо это делать, потому что в настоящее время постоянно увеличивается количество используемых трасс, что в особенности можно заметить в крупных городах. Второе, увеличивается не только их количество, но и средний возврат коммуникаций, что приводит к тому, что они требуют к себе большего внимания. Третье, так как для работы в городах по большей мере необходимо про-

извести разрушение асфальтного покрытия, то в строгом порядке нужно крайне осторожно относиться к работам и их следует проводить с безоговорочной точностью [10, с. 128, 129]. Вот ещё несколько причин, почему необходимо проверять прибором наличие коммуникаций:

- Полное отсутствие документальных данных и схем расположения коммуникаций;
- Существенные отклонения фактического проекта от запланированного;
- Видоизменение рельефа участка до неузнаваемости;
- Разрушения коммуникационных линий из-за непредвиденных обстоятельств;
- Незадокументированные ответвления от трубопроводов.

Применяя трассоискатель, специалисты экономят время, а также бюджет, выделенный на строительство, так как благодаря применению прибора исключены риски повреждений подземных коммуникаций, что может привести к дорогостоящему ремонту [2, с. 250, 251].

Трассоискатели нашего времени могут обнаруживать подземные коммуникации с высокой точностью, с погрешностью измерений от 3 до 10 см [8, с. 174].

В своей работе трассоискатели реагируют на электрический ток, протекающий по всем подземным коммуникациям, то есть они работают на принципе электромагнитной индукции. Если по какой-то причине ток отсутствует, то необходимо использовать генератор, который его производит. Существуют такие коммуникации, которые состоят из материалов, не пропускающих электрический ток. В таких случаях используют специальные маркеры, которые закапывают во время строительства коммуникаций, которые способны чувствовать трассоискатели [9, с. 124, 125].



Рисунок 1 – Трассоискатель Сталкер 75-02М

При строительстве и геодезических изысканиях важным пунктом является определение местонахождения подземных коммуникаций, поэтому экономия на качестве оборудования недопустима. Но, к сожалению, даже трассоискатель с генератором и совершенные методики измерения не способны дать стопроцентную гарантию точности. Дабы избежать таких ситуаций, опытные геодезисты применяют только комплексный подход в строительстве и геодезических изысканиях, при этом используя всю доступную информацию об объекте и различные способы ее уточнения, в том числе и шифрование [7, с. 164, 165].



Рисунок 2 – Применение трассоискателя в геодезических изысканиях

Георадар- это геодезический прибор, работающий по принципам радиолокации. У него есть передающая антенна, которая излучает сверхкороткие электромагнитные импульсы. От того, на какой глубине необходимо провести зондирование, а также от самого прибора, зависит длительность импульса. Излучаемый в окружающую среду, которую необходимо изучить, импульс отражается от имеющихся объектов, которые отличаются от этой среды. Далее проводится обработка данных, полученных прибором, затем все выводится на индикатор [5, с. 240, 241].



Рисунок 3 – Один из видов современных георадаров

Георадар незаменим для геодезических изысканий, так как помогает найти месторасположение геодезической сети, подземных коммуникаций, а также определить, насколько качественны и крепки бетонные конструкции в строительстве. В геодезии его применяют для скоростного профилирования почвы. Благодаря георадарам нет необходимости бурить скважины для определения залегания необходимых для изучения объектов. Этот прибор получил широкое распространение, и его применяют во многих исследованиях [4, с. 243, 244].

У георадаров имеется множество преимуществ, причём самой практичной из них считается то, что эти приборы требуют немного временных затрат на проведение нужных работ [6, с. 180, 187]. Необходимо также отметить, что георадарное исследование отличается быстротой получения данных, а также экономичностью.

Для проведения исследований георадаром не нужно много пространства для обустройства необходимых приборов, что можно отнести к плюсам георадаров, особенно если складываются условия плотной застройки. Исследования проводятся на глубинах вплоть до 200 м.

Необходимо знать, что георадарное исследование должен проводить только специалист, так как это хоть и временно не затратное, но довольно сложное действие. Стоит также учесть, что георадарное исследование помогает значительно сэкономить на работах другого вида.

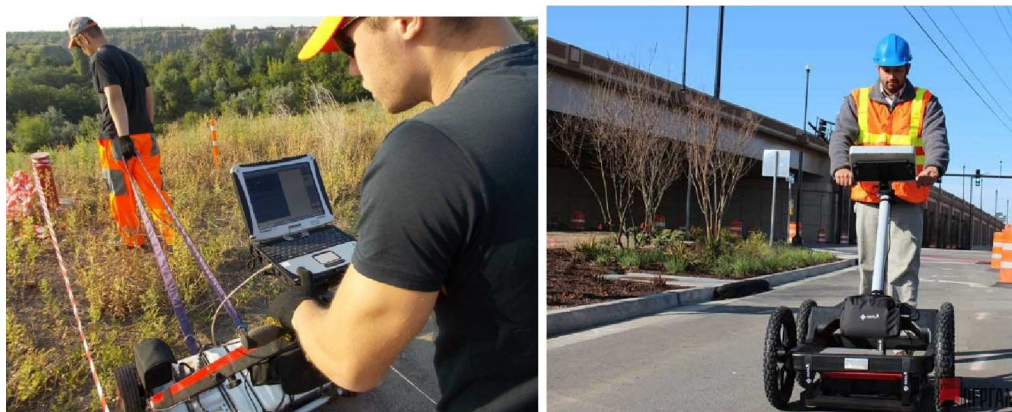


Рисунок 4 – Применение георадаров

В последнее время интерес к георадарному и трассоискательному исследованиям стал повышаться. Но данные методы поиска подземных объектов нельзя считать единственно возможным, однако трассоискатель трубопроводов и кабелей и георадар оказывают неоценимую помощь в современной геодезии и геодезических изысканиях. Например, радары на данный момент времени используются в самых разных сферах: в строительстве, в геологии и археологии и многих других.

Литература:

1. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Галустов В.Г. Применение геодезического оборудования для строительства зданий в Туркменистане, Ашхабад // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 169–172.
2. Гура Т.А., Сикорская М.Н.А., Каранова В.В., Себелева А.А., Бирюкова А.О. Геодезическое обеспечение при мелиоративном строительстве // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 250–255.
3. Гура Д.А., Рыжкова А.А., Болобан Т.И., Болгова А.С., Черепанов А.С., Кашаев Б.Р. Основные геодезические работы в строительстве // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 2. – С. 133–137.
4. Гура Т.А., Сафонов А.В. К вопросу об инженерно-геодезических работах при проведении судебных экспертиз // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 243–249.
5. Гура Т.А., Погодина П.В., Ищук Ю.П., Рабданов Д.М., Гайко Е.В. Среда AutoCAD Civil 3D: анализ программы, способы и методы обработки данных инженерно-геодезических изысканий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 240–242.
6. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А., Муриев Т.А. О прохождении учебной геодезической практики в КубГТУ студентами направлений «строительство» // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 12. – С. 180–194.
7. Баллуян И.В. Геодезические работы при строительстве зданий и сооружений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 164–168.
8. Гурагаин Д. Обзор геодезических изысканий в Непале // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 173–177.
9. Грибкова Л.А., Шевчук Е.А., Губская К.В., Полунина Т.М., Галстян К.В. Применение геодезических приборов и технологий при монтаже технологического оборудования // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 12. – С. 124–127.
10. Грибкова И.С., Логинова П.А., Андриянова З.С., Чеботова А.А. Саид., А.Н., Раздора Д.А. Геодезические приборы и технологии при строительстве автомобильных дорог // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 12. – С. 128–132.

References:

1. Gura D.A., Shevchenko G.G., Galustov V.G. Use of the geodetic equipment for construction of buildings in Turkmenistan, Ashgabat // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 169–172.

2. Gura T.A., Sikorskaya M.N.A., Karanova V.V., Sebeleva A.A., Biryukova A.O. Geodetic support at meliorative construction // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 250–255.
3. Gura D.A., Ryzhkova A.A., Bolobang T.I., Bolgova A.S., Cherepanov A.S., Kashayev B.R. The main geodetic works in construction // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 2. – P. 133–137.
4. Gura T.A., Safonov A.V. To a question of engineering and geodetic works when conducting judicial examinations // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 243–249.
5. Gura T.A., Pogodina P.V., Ishchuk Yu.P., Rabdanov D.M., Gayko E.V. AutoCAD Civil 3D environment: analysis of the program, ways and methods of data processing of engineering and geodetic researches // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 240–242.
6. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A., Muriyev T.A. About passing of educational geodetic practice in KubGTU students of the construction directions // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 12. – P. 180–194.
7. Balluyan I.V. Geodetic works at construction of buildings and constructions // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 164–168.
8. Guragain D. The review of geodetic researches in Nepal // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 173–177.
9. Gribkova L.A., Shevchuk E.A., Gubskaya K.V., Polunina T.M., Galstyan K.V. Use of geodetic devices and technologies at installation of processing equipment // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 12. – P. 124–127.
10. Gribkova I.S., Loginova P.A., Andriyanova Z.S., Chebotova A.A., Said A.N., Razdora D.A. Geodetic devices and technologies at construction of highways // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 12. – P. 128–132.

УДК 528

СПУТНИКОВЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS

Петренко Денис Васильевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Фоминова Дарья Алексеевна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
fominova5885@gmail.com

Головко Анастасия Константиновна

студентка,
Кубанский государственный
технологический университет
golovko-99@inbox.ru

Агапов Михаил Евгеньевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
mihail-agapov@list.ru

Филимонов Владислав Георгиевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
Filimonov.v1998@gmail.com

Сонов Астемир Асланович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
astemir.sonov@list.ru

Аннотация. В статье рассказывается об истории создания таких крупных спутниковых системах навигации, как американской «GPS» и российской «ГЛОНАСС». В доступной и простой форме рассказывается о теоретическом принципе работы этих систем. А также о их применение в геоинженерии и нашей жизни.

Ключевые слова: спутники навигации, GPS, ГЛОНАСС, глобальная навигационная спутниковая система.

Petrenkov Denis Vasilyevich

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Fominova Darya Alekseyevna

Student,
Kuban state technological university
fominova5885@gmail.com

Golovko Anastasiya Konstantinovna

Student,
Kuban state technological university
golovko-99@inbox.ru

Agapov Mikhail Evgenyevich

Student,
Kuban state technological university
mihail-agapov@list.ru

Filimonov Vladislav Georgiyevich

Student,
Kuban state technological university
Filimonov.v1998@gmail.com

Sonov Astemir Aslanovich

Student,
Kuban state technological university
astemir.sonov@list.ru

Annotation. The article describes the history of the creation of such large satellite navigation systems as the US "GPS" and Russian "GLONASS". In an accessible and simple form, one talks about the theoretical principle of the operation of these systems. And also about their application in geoengineering and our life.

Keywords: navigation satellites, GPS, GLONASS, the global navigation satellite system.

Введение

Классические способы навигации не совсем обеспечивают требуемую надежность и точность, мало автоматизированы и не имеют возможности убрать воздействие человеческого фактора. Главным навигационным средством будущего будут массовые спутниковые системы навигации (Global Navigation Satellite System – GNSS). В реальное время развернуты 2 GNSS-GPS (Global Positioning System) NAVSTAR (Navigation Satellite Time And Ranging), являющаяся собственностью США, и Российская массовая навигационная спутниковая система ГЛОНАСС.

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 25 августа 2008г. № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или же ГЛОНАСС/GPS» все обязаны быть оснащены аппаратурой ССН ГЛОНАСС или же ГЛОНАСС/GPS. Массовая навигационная спутниковая система (GNSS), как навигационный лидер систем управления оснащен невесомым перемещением CNS/ATM, включает в себя сочетания композиций надлежащих элементов, помещенных на земле, спутниках и на борту воздушного судна:

- GPS;
- ГЛОНАСС;
- бортовая система активного дополнения (ABAS);
- спутниковая система активного дополнения (SBAS);
- наземная система активного дополнения (GBAS);
- бортовой приемник GNSS.

Системы активного дополнения дают возможность увеличить точность до единиц и 0,1 сантиметра.

В РФ не так обширно развернута сеть контрольно-корректирующих станций (ККС). Вследствие этого организация активных дополнений спутниковой навигационной системы в реальное время считается животрепещущей. В данной статье будут рассмотрены принципы работы спутниковых систем навигации и их использование.

Спутниковые системы навигации – групповые электронно-технические системы, состоящие из совокупности наземного (приемники) и галактического оснащения (спутники). Они предусмотрены для определения расположения (географических координат и высот), характеристик перемещения (скорости, направленности перемещения и т.д.) для наземных, аква и воздушных объектов. Для лаконичного обозначения данных систем используют аббревиатуру GNSS (от англ. Global Navigation Satellites System – массовая навигационная спутниковая система) или же NAVSTAR (от англ. NAVigation Satellitesproviding Time And Range – измерение времени и расстояния от навигационных спутников).

Принципы работы спутниковых систем навигации

Принципы работы спутниковых систем навигации довольно несложны. На околоземную орбиту запущены особые навигационные спутники. Работа приемника GNSS заключается в том, чтобы отыскать 4 или же больше из данных спутников, узнать расстояние до них и применить данную информацию для вычисления личного расположения. Потому, что скорость распространения радиосигналов постоянна и равна скорости света, расстояние до спутников определяется по задержке времени сообщения GNSS-приемником относительно времени отправки сообщения с борта спутника. GNSS-приемник, принимая во внимание обоюдное месторасположение спутников, вычисляет собственные координаты по законам геометрии, т.е. все делается по принципу незатейливого школьного уравнения, когда, принимая во внимание относительное месторасположение 3-х точек, отыскивают состояние 4-й, при условии, что известно расстояние от 4-й точки до всех 3-х .

В итоге, для определения 2-х координат (широта и долгота) GNSS-приемнику надо найти расстояние до 3-х спутников и время работы GNSS-системы. Для определения координат и высоты приемника, применяются сигналы, как минимальное количество с 4-х спутников.

Чтобы получить все эти измерения, приемнику и спутнику важны часы, которые обязаны быть синхронизированы до наносекунды. Создатели GNSS обнаружили разумное и действенное решение данной проблемы. Любой спутник имеет дорогостоящие атомные часы, но сам приемник пользуется обыденными кварцевыми, которые он каждый день переустанавливает по сигналам со спутников. В последствии того, как приемник произведет расчеты, вам станет известна широта, долгота и высота собственного местоположения. Для того, чтобы обеспечить более комфортное пользование программой потребителями, основная масса приемников привязывают эти данные к картам, хранящимся в их памяти. В настоящее время в мире реализовано несколько спутниковых систем навигации, которые работают по одним и тем же изложенным выше принципам.

GPS (от англ. Global Positioning System – массовая система позиционирования) разработана, продана и эксплуатируется Министерством защиты США. Первый тестовый спутник выведен на орбиту 14 июля 1974 г. В 1991 г. на орбиту выведено 24 спутника, которые обеспечили абсолютное покрытие земного шара. В данный момент на орбите 30 спутников. Любой из них вертится кругом планеты на возвышенности приблизительно 20 000 км, делая 2 полных оборота каждый день. Орбиты находятся так, что в любое время и в любом пространстве на Земле есть по крайней мере 4 спутника, «видимых» в небе.

GPS была разработана Министерством обороны США для боевых дел. Ее можно применить для четкого наведения ракет на недвижимые и подвижные объекты в воздухе и на земле.

Система трудится в одно и тоже время в 2-ух режимах – военном и штатском. Для боевой армии США и их сторонников, ошибка определения координат с поддержкой GNSS составляет несколько сантиметров. Для всех других точность составляет в пределах 5 м, в зависимости от критерия определения. Минусом является точность навигации, которая зависит от открытости места, от высоты применяемых спутников над горизонтом. Низкое наклонение орбит GPS всерьез усугубляет точность в приполярных районах Земли, например, как спутники GPS невысоко поднимаются над горизонтом [1, с. 2].

ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система) – русская и русская спутниковая система навигации, разработана по заказу Министерства обороны СССР. Основой системы считаются 24 спутника, передвигающихся над поверхностью Земли в 3-х орбитальных плоскостях с наклоном $64,8^\circ$ на возвышенности 19 100 км. В современное время развитием плана ГЛОНАСС занимается Федеральное галактическое агентство (Роскосмос) и ОАО «Российские галактические системы».

Первый спутник ГЛОНАСС был выведен на орбиту Советским Союзом 12 октября 1982 г. 24 сентября 1993 г. система была официально принята в использование с орбитальной группировкой из 12 спутников. В декабре 1995 г. спутниковое объединение было развернуто до штатного состава – 24 спутника.

Применение спутниковых навигационных систем

Независимо от класса и решаемых задач в базе всякой навигационной системы лежит электрическая картография. Спутниковые навигаторы не только определяют координаты Вашего расположения, но и свяжут его с электронной картой. Картографические GNSS системы возможно применять в любых приложениях требующих четкой временной привязки и привязки положений с иной базовой информацией.

Покупателям предлагаются всевозможные приборы и программные продукты, позволяющие видеть свое местоположение на электронной карте: позволяет пролагать маршруты с учетом ситуации на дорогах, допустимых поворотов и в том числе пробок; находить на карте определенные дома и улицы, интересные места, кафе, поликлиники, автозаправки и иные объекты инфраструктуры. GNSS-приемники реализуют во множестве магазинов, торгующих электроникой, их встраивают в мобильные телефонные аппараты, телефоны, КПК.

Более распространёнными считаются приемники GNSS для персонального применения в автотранспорте. Они имеют размеры карманного калькулятора с клавиатурой и жидкокристаллическим экраном. Приемник GNSS не только показывает Ваше месторасположение на карте, но еще и способен отслеживать по карте Ваши движения. В случае если Вы оставите приемник включенным, он будет пребывать в постоянной связи со спутниками GNSS, дабы отслеживать ваше перемещение. С поддержкой данной информации и интегрированных часов, приемник имеет возможность предоставить для вас сведения о:

- местонахождении;
- более кратком и благоприятном пути до пункта назначения;
- расстоянии от начального положения;
- скорости перемещения (в аутентичный момент, предельная, наименьшая, средняя);
- время в пути (прошедшее и сколько ещё потребуется) [2, с. 4].

Авто GNSS-приемники – это, по сути, электрические лозманы, дающие указания шоферу синтезированным голосом, заблаговременно сообщая обо всех поворотах, стоянках и других особенностях предоставленного маршрута. В огромном мегаполисе временами непросто определится, в том числе и тем, кто прожил там всю жизнь. Собственно, что уж говорить о приезжих. Да и за пределами мегаполиса не трудно потеряться. GNSS-навигатор – довольно нужная вещь. Тем более, в случае если речь идет о начинающем водителе или же человеке, который один оказался в незнакомом городе.

В последнее время получает обширное распространение очень успешная интеграция GNSS, радиосвязи и компьютерной техники – диспетчерские навигационные системы, предназначенные для централизованного контроля за передвижением автомашин. В данных системах любая автомашина обустроена GNSS-приемником и радиосвязным оборудованием для контакта с диспетчерским пунктом. На экране монитора диспетчера складывается электрическая цифровая карта Земли, которая обслуживается транспортными способами. Закодированная информация о координатах и скорости перемещения автомашин, получаемая по радиоканалу, разрешает отразить их текущее состояние на данной карте. Параллельно данной информации по радиолинии имеют все шансы механически переходить сведения от самых различных датчиков, поставленных на автомашине: к примеру, о несанкционированном вскрытии контейнеров, о наличии горючего, об остановках, ДТП, трагедиях и т.п.

Эти диспетчерские GNSS-системы имеют все шансы благополучно применяться в торговых и транспортных компаниях, а еще в поисковых и аварийных службах, инкассации банков, в МВД и т.п. Составляющие этих систем имеют все шансы устанавливаться в автомобилях тайно. В случае угона прибор тут же сообщит координаты автомашины, получив которые специальная служба его и отыщет.

Рассмотрим иные сферы использования спутниковых навигационных систем.

Знатоки, работающие в области природных ресурсов – геологи, географы, лесники и биологи используют GNSS картографические системы для записи положений и добавочной информации об объектах. К примеру, лесники в качестве добавочной информации регистрируют возраст, положение, численность и вид леса. Они имеют возможность проводить съемку земель, подлежащих вырубке или же посадке. Биологи имеют возможность регистрировать ареалы расселения животных, маршруты их миграций, количество популяций и иную информацию.

GNSS как оказалось в высшей степени действенным в городском хозяйстве при съемке канализационных, газовых и водо- трубопроводов, электро- и телефонных сетей. Эти объекты, как крышки колодцев и пожарные гидранты, картографируются как точки с соответственной атрибутивной информацией. С поддержкой GNSS возможно проводить также съемку участков земли, строительных участков, объектов улиц и заводов.

GNSS картографические системы могут помочь обрисовывать особенности участков полей, оказавшихся в насыщенном сельскохозяйственном пользовании. Вы сможете связать такие свойства, как локальный климат, образ земли, участки, покоробленные насекомыми или же заболеваниями, размер собираемой продукции и т.п., с их местоположением. Состояние трактора имеет возможность быть применено вместе с данными о типе земли для бережливой затраты удобрений или же хим. распылителей. Это наряду понижает цену расходов на удобрения и сокращает загрязнение природных аква- источников данными препаратами. Не считая такого, GNSS возможно применить для картографирования расположения колодцев и иных источников воды; записи объемов озер и их состояния; регистрации ареалов распространения рыбы и животных; перемен береговой части, полевых угодий и погодных зон.

Археологи и историки имеют все шансы применить картографические GNSS-системы для навигации и регистрации раскопок и исторических пространств.

Навигационные способности систем имеют возможность оказать бесценную поддержку в розыске людей, в работе органов внутренних дел и пожарных при поиске конкретного местоположения. Ещё в 1990-х гг. были замечены первые сотовые телефонные аппараты с GNSS. В кое-каких государствах, к примеру США, они применяют-

ся для оперативного определения местоположения человека, звонящего по телефону службы поддержки. В РФ в 2010 г. начато осуществление подобного плана – Эра-ГЛОНАСС.

Литература:

1. Гура Т.А., Сафонов А.В. К вопросу об инженерно-геодезических работах при проведении судебных экспертиз // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 243–249.
2. Кошелев А.В., Синякин А.К. Физические принципы работы GPS/ГЛОНАСС.
3. URL : <http://allrefrs.ru/5-35903.html>
4. Гура Т.А., Ерешко П.С., Требования к точности выполнения геодезических измерений при определении осадок зданий // Европейские научные исследования. – С. 190–194.
5. Карпенко В.В., Гура Т.А. Использование спутниковых технологий при производстве землеустроительных работ и межевании земель // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 11 (364). – С. 170–175.
6. Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А., Муриев Т.А. О прохождении учебной геодезической практики в КубГТУ студентами направлений «Строительство» // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 12. – С. 180–194.
7. Gura D.A., Shevchenko G.G., Kirilchik L.F., Petrenkov D.V., Gura T.A. Application of inertial measuring unit in air navigation for ALS and DAP // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Т. 9. – № S1. – С. 732–741.
8. Федотова Е.А. Как работают навигационные системы GPS и ГЛОНАСС // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 272–275.
9. Исмаилов В.В. Фурсина Ю.В., Иванова С.О., Валуева Ю.М., Семиренко В.А., Шевченко Г.Г. Скорость и точность – отличие современных геодезических приборов от классических // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – № 2. – С. 143–147.

References:

1. Gura T.A., Safonov A.V. To a question of engineering and geodetic works when conducting judicial examinations // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 243–249.
2. Koshelev A.V., Sinyakin A.K. Physical principles of work of GPS/GLONASS.
3. URL : <http://allrefrs.ru/5-35903.html>
4. Gura T. A., Ereshko P.S., Requirements to the accuracy of performance of geodetic measurements when determining a deposit of buildings // the European scientific research. – С. 190–194.
5. Karpenko V.V., Gura T.A. Use of satellite technologies by production of land management works and land surveying of lands // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 11 (364). – P. 170–175.
6. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A., Muriyev T.A. About passing of educational geodetic practice in KubGTU students of the Construction directions // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 12. – P. 180–194.
7. Gura D.A., Shevchenko G.G., Kirilchik L.F., Petrenkov D.V., Gura T.A. Application of inertial measuring unit in air navigation for ALS and DAP // Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2017. – Т. 9. – № S1. – С. 732–741.
8. Fedotova E.A. As GPS and GLONASS navigation systems // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 272–275.
9. Ismailov V.V. Fursin Yu.V., Ivanov S.O., Valuyev Yu.M., Semirenko V.A., Shevchenko G.G. Skorost and accuracy – difference of modern geodetic devices from classical // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2016. – No. 2. – P. 143–147.

УДК 528

ОСОБЕННОСТИ СЪЕМКИ ЛАЗЕРНЫМ СКАНЕРОМ

FEATURES SHOOTING LASER SCANNER

Петренко Денис Васильевич

ассистент,
кафедра кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный
технологический университет
d.petrenkov93@mail.ru

Хот К.А.

Кубанский государственный
технологический университет
xot.1999@mail.ru

Аннотация. В данной статье речь идёт как об особенностях съемки лазерным сканером, так и о самом лазерном сканере, принципе его работы. Данная статья основана как на аналитическом исследовании материалов из интернета (научных статей), так и на практическом использовании аппарата Leica c10.

Ключевые слова: НЛС, наземный лазерный сканер, сканирование, фазовый дальномер, импульсный дальномер.

Petrenkov Denis Vasilyevich

Assistant,
department of the inventory
and geoengineering,
Kuban state technological university
d.petrenkov93@mail.ru

Khot K.A.

Kuban state technological university
xot.1999@mail.ru

Annotation. In this article, we are talking about the features of shooting a laser scanner, and the laser scanner, the principle of its operation. This article is based both on analytical research of materials from the Internet (scientific articles) and on the practical use of the Leica C10 apparatus.

Keywords: TLS, terrestrial laser scanner, scan, phase meter, pulse meter.

История геодезических приборов началась еще в VII веке до нашей эры, их появлению способствовала необходимость использовать топографические карты при боевых действиях армий. Угломеры привнесли в геодезию астрономы, отвесы и ватерпасы возникли вместе землемерным делом. Такие приборы сильно упрощали жизнь и работу человека. Но с течением времени люди все больше нуждались в более точной, быстрой, и при этом легкой в использовании, но надежной аппаратуре. Спрос рождает предложение. Создавая новые и совершенствуя старые технологии, ученые вывели геодезические приборы на новый уровень. Например, на уровень современных приборов таких как, лазерный сканер.

Проблематика точного оборудования очень актуальна на сегодняшний день. Ведь современный мир не удивить обычными сооружениями квадратной формы высотой 30 метров. Мир стремится к высокому стилю, к необычным формам или колоссальным размерам зданий, стараясь уместить возведение конструкций в минимальные сроки. Для осуществления таких целей и необходимы такие приборы как высокоточные лазерные сканеры позволяющую осуществлять съемку, и контролировать точность возведения конструкции затрачивая на это минимальный промежуток времени.

Разберем что такое лазерный сканер. Сканер или по-другому НЛС (наземный лазерный сканер) – это оборудование, позволяющее получить трехмерное изображение окружающей местности, ситуацию, рельеф. Это съёмочная система, с высокой скоростью измеряющая множество точек и при этом определяющая координату по трем осям каждой. Результатом этих измерений является облако точек, что и представляет собой трехмерную картину.

Изброженные лазерного сканера Leica c10 изображено на рисунке 1.

Прежде чем говорить об особенностях измерений лазерным сканером следует затронуть тему о принципе работы сканера, о способах его измерений и сравнить способы.

Наземный лазерный сканер состоит из полевого компьютера и самого лазерного сканера. НЛС в свою очередь состоит из лазерного дальномера, работающего с высокой частотой и блока развертки лазерного луча. В блоке развертки находится система зеркал, которая осуществляет пошаговое отклонение лазерного луча, обеспечивающая точное наведение лазерного луча на тот или иной узел сканирующей матрицы;

далее по известным углам разворота зеркал в определенный момент времени и по известным расстояниям до поверхности отразившей луч, вычисленным дальномером, процессор полевого компьютера вычисляет координаты «х», «у», «z» каждой измеренной точки, образуя данные либо в растровое изображение, где значение пикселей представляет собой вектор с известным расстоянием, интенсивностью отраженного сигнала и RGB (red, green, blue) составляющей, которая в свою очередь характеризуется реальным цветом (прибор фиксирующий интенсивность вернувшегося пучка света) либо в массив точек лазерных отражений от объектов, находящихся в поле зрения сканера с такими характеристиками как координаты (х; у; z;), интенсивность и реальный цвет. Дальномеры могут использовать два способа измерений – это фазовый и импульсный без отражательной методы.



Рисунок 1

Следует поподробнее разобрать тему импульсных и фазовых дальномеров, так как в зависимости от задачи желательно проводить измерения либо с тем, либо с иным дальномером.

Импульсный дальномер – прибор вычисляющий расстояние до объекта за счет определения точного времени прохождения импульса до препятствующей поверхности и обратно. Импульсный лазер генерирует множество импульсов инфракрасных лучей, которые с помощью специальной оптики направляются к цели. Импульс отражается от препятствия и возвращается. Зная скорость распространения и время, которое «отсутствовал» импульс (импульсы), компьютер вычисляет расстояние. В секунду могут быть посланы несколько тысяч таких импульсов, для уменьшения погрешности берется усредненное значение по всем импульсам за данную секунду. У каждой модели сканера своя настройки времени в пределах которой и берется усредненное значение импульса для одной точки. Чем больше времени, или чем больше НПС обрабатывает импульсов, например, за одну секунду, тем точнее определяется дальность расстояния от сканера до этой точки.

Фазовый дальномер – это лазерный дальномер, основанный на сравнении фаз. Суть такого метода заключается в том, что коаксиальный пучок с модулированной интенсивностью, отражающийся от специальной отражательной поверхности (обычно это призма) изменяет свою интенсивность. Принимая этот луч обратно, прибор определяет разность фаз, после чего вычисляет пройденное расстояние. «Метод измерения разности фаз работает по принципу наложения на несущую частоту модулированного сигнала. Прибор измеряет постоянное смещение фазы, несмотря на неизбежные изменения в излучаемом и принимаемом сигналах. В результате сравнения фаз основного и принятого отраженного сигнала определяется только величина сдвига фазы, а целое число циклов остается неизвестным и не позволяет сразу вычислить расстояние. Эта неоднозначность разрешается путем многократных измерений модуляций

волны, в результате чего определяется уникальное число циклов. Как только целое число определено, то расстояние до цели может быть вычислено очень точно» (информация с сайта КМС гео) [3, с. 3].

Перейдем к сравнению и выявлению преимуществ этих методов снятия расстояний. Импульсный метод является менее чувствительным к прерыванию сигнала, так как зависит от времени возврата луча. В фазовом же методе, после прерывания луча требуется повторно взять отчет по данной точке. Также, чаще всего мощность лучей импульсных дальномеров выше чем у фазовых, благодаря чему дальность съемки увеличивается, и без разницы куда наведется прибор, на отражатель или на какое-то тело. Но при этом, зачастую точность фазового сканера выше, однако это отличие не столь значительно, если говорить о дальних расстояниях; следовательно, если речь идет о не далеких расстояниях сканирования, следует отдать предпочтение фазовому сканеру, но опять же, все зависит от того где будет использоваться НЛС.

Для большей наглядности сравним характеристики нескольких приборов разных фирм, примерно схожих по характеристикам (примерно, так все приборы отличаются друг от друга и найти удачные примеры для их сравнения довольно сложно), отличающихся лишь видом дальномера. Различия указаны в таблице 1.

Таблица 1

Принцип измерения	Фирма производителя	Точность определения расстояния (мм)	Максимальное измеренное расстояние (м)
Импульсный метод	Leica, Callibbus, Optech	10– 20	До 1000
Фазовый метод	Leica, IQSun, Vislimage	До 10	До 100

Также стоит упоминать о реже встречающихся НЛС, о сканерах, основанных на триангуляционном методе измерения расстояния. Такой вид измерения производится в высокоточных лазерных сканерах. Механизм снятия расстояния методом триангуляции заключается в таком расположении приемника и излучателя, что принцип снятия расстояния сводится к тому, чтобы решить задачу треугольника где известны расстояние и два угла. Такие дальномеры могут вычислять расстояние с точностью до тысячного миллиметра. К сожалению, за большим плюсом следует и минус. Такие НЛС не используются для сканирования больших расстояний. Среднее расстояние работы сканеров с такими дальномерами, например, таких фирм как Trimbl и Minolta – 5–7 метров. Такие приборы используются в таких сферах деятельности как реставрация памятников, машиностроение и даже медицина, это направления, не требующие высокой дальности измерений, но требующие высокой точности.

У сканеров именно технические характеристики определяют над какой конкретной задачей лучше справится тот или иной НЛС. Основными характеристикам являются: точность измерения расстояний, скорость сканирования, разрешение сканирования, поле зрения сканера, дальность сканирования, расходимость лучей.

Но при этом существуют такие параметры как класс защищенности (обычно, сканеры имеют хорошую защищенность от влаги, пыли и т.д. так как сами по себе обслуживания достаточно дороги в покупке. Защищенность стала обязательным бонусом в сканерах, но все же и по этим характеристикам приборы могут значительно отличаться друг от друга), распознавание реального цвета, портативность, и возможность взаимодействовать с другими устройствами, а также автономность. НЛС могут отличаться друг от друга и многими другими характеристиками, даже такими мелочными, но обычно играющими не малую роль при покупке, как удобность и особенность интерфейса.

Основные возможности сканера, благодаря которым сканер оказывает огромнейшую услугу в самых различных профессиях это:

- возможность определения пространственных координат множества точек окружающих предметов в полевых условиях;
- высокая точность измерений;
- высокая производительность (высокая скорость снятия множества точек, мгновенные расчеты, быстрая обработка информации и вывод на носитель в уже готовой к использованию форме);

- высокая степень детализации;
- способность прибора независимо от степени освещенности производить сканирование;
- возможность дистанционного использования оборудования и получения данных [2, с. 5].

Переходим к главной цели. Разберем где и как может использоваться лазерный сканер, а также особенности съемки НЛС.

Наземный лазерный сканер, прибор очень универсальный (использовать можно там, где только в голову придет), но вне зависимости от того где он применяется, в основном, это просто съемка окружающей местности (улица, тоннель, пещера и т.д.), в редких случаях его используют для наблюдения (мониторинг) за объектом (здание, мост). Конечно, если говорить о наблюдении, целесообразнее использовать тахеометр (намного меньше погрешности), но тахеометр не дает общую картинку всего сооружения, и часто для таких наблюдений используют не один экземпляр тахеометра, а несколько (опять же, все зависит от того что требуется пользователю), при этом, для этого требуется дополнительная аппаратура, например, специальные отражатели.

Мониторинг. Мониторинг проводится в несколько этапов с определенной периодичностью. Результатом такого наблюдения является разница координат, полученных в результате съемки, которая дает представление о том, как изменилась конструкция за прошедшее время, из чего делается вывод о качестве возведения конструкции, а также прогноз о будущем поведении сооружения [7, с. 5]. Разберем чуть подробнее сам процесс мониторинга. Мониторинг проводится в два этапа с разницей во времени в 4 месяца. Первый и второй этап – это сканирование нужного здания, конструкции и т.д., затем сравнение, сканирования в мониторинге, как и в обычном разовом сканировании – это установка сканера, его нивелирование, настройка, сканирование и, если требуется проверки. Мониторинг может проводиться как с одной станции, так и с двух, трех и т.д., при этом требуется привязать станцию, сканер к местности с помощью маркеров, а также связать станции друг с другом. Для двух станций стояния, нужно как минимум 4 точки. (Также маркеры используются для более точного наблюдения за определенной точкой.) После сканирования, полученные данные обрабатывают в специальной программе, далее сравнивают, анализируют облако точек, отснятые маркеры. В результате сравнения определяют смещения, на основе чего делают выводы [6, с. 5].

Съемка (сканирование) местности. Наземное сканирование используется для решения многих современных задач. С тех пор как был создан НЛС некоторые профессии и не представляют себя без этого оборудования. Во многом это заслуга не только быстрой скорости съемки, но и высокой точности и кучности точек, которые дают нам плотное объемное изображение, где известна координата каждой точки. Например, лазерный сканер Leica RTC360 3D, который снимает до 2 миллионов точек в секунду. Одни из многочисленных направлений в которых часто применяется НЛС: судостроение, геология, топография, археология и т.д. Так же стоит отметить использование сканеров в криминалистике. Например, используя обычный сканер, снимающий 3000 точек в секунду, можно получить координаты огромного количества точек с точностью до миллиметра, при этом, данная операция займет лишь не более 5–7 минут. То есть, в конечном счете у криминалистов не просто фотографии и записи по месту преступления, а точная 3D модель места преступления. Так же лазерный сканер можно использовать для съемки различных происшествий, яркий пример это использование НЛС при ДТП. Но особо стоит выделить вклад этого оборудования в строительстве, топографии, геодезии, архитектуре и реконструкциях памятников и архитектуры.

Если говорить о строительстве, универсальность НЛС позволяет снимать, как и снаружи сооружения, конструкции, так и внутри. Что позволяет наиболее точно, в результате съемки, получения данных и их обработке, получить план или точный 3D чертеж. Именно благодаря таким технологиям можно сделать вывод на сколько будет успешна модернизация конструкции, или если говорить о реставрации, реставрация памятника. Обработав облако точек, полученное со сканера и получив таким образом реальный чертеж здания, мы можем сравнить его с проектным чертежом, таким образом понять какой объем работы требуется совершить, и что, в принципе, еще требуется

или возможно сделать. Кроме этого сканеры используют для подсчета объемов грунта и распределения его по всей территории для получения той или иной поверхности с определенной высотой или глубиной [13, с. 6].

В реставрации исторических объектов сканирование дает точнейшую, объемную полную картину исторического объекта. НЛС способен обнаружить все недочеты или пороки конструкции, такие как: трещины, отклонения от осей. «При предъявлении фасада здания техническому надзору и составлении исполнительной документации; при реконструкции фасада дома, которые предполагают изменение элементов декора или физических параметров и размеров конструкции» [8, с. 7; 13, с. 7].

В топографии только идет в оборот специальный переносной сканер в виде рюкзака, сканирующий окружающую среду во время движения, Вак рак. С НЛС сканируют все возможные виды дорог, улицы, дворы, метро и так далее.

В геодезии, сканер используют для определения точного рельефа для маломасштабных карт где важны мелкие неровности.

Примеры различных сканирований: сканирование тоннеля КЗС Санкт-Петербург (рис. 2), полное сканирование храма Александра Невского в Новосибирске (рис. 3), сканирование адмиралтейского верфя (рис. 4), сканирование двух карьеров (рис. 5, 6).

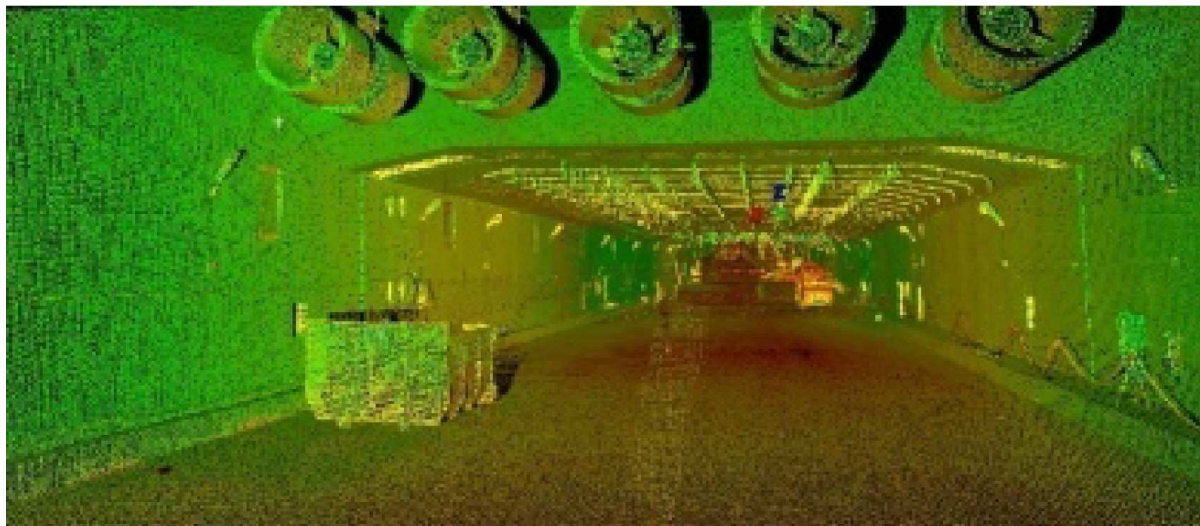


Рисунок 2

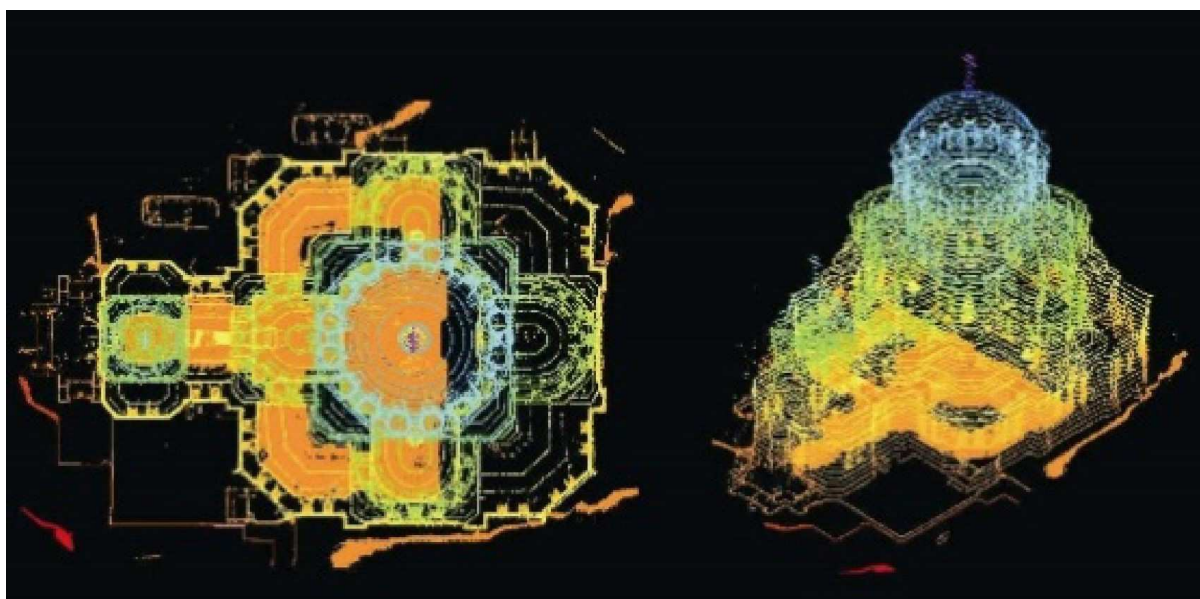


Рисунок 3

Если говорить о сканерах для строительства, существуют НЛС для внутренних работ – это приборы небольших размеров, и естественно настроенные на сканирование на относительно небольшие расстояния, но при этом очень точные (для коротких расстояний), легкие и быстрые. В пример можно привести прибор компании Leica, BLK360 имеющий очень маленькие размеры, но при этом не маленькие показатели точности и скорости работы (для близких расстояний). Прибор совершает до 360000 сканирований в секунду, при этом имея возможность полного управления этим прибором на расстоянии с обычного телефона или ПК. Но также существуют сканеры для работ со средними, дальними расстояниями – это приборы с диапазоном 270 м – Leica ScanStation P40/P30, и с диапазоном в 1 км – это Leica ScanStation P50 соответственно.

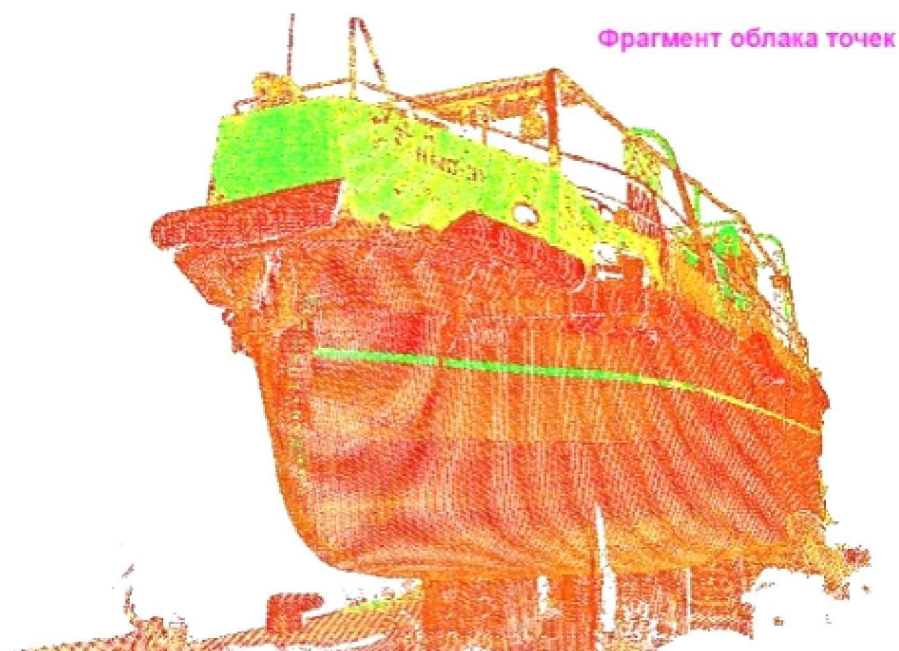


Рисунок 4

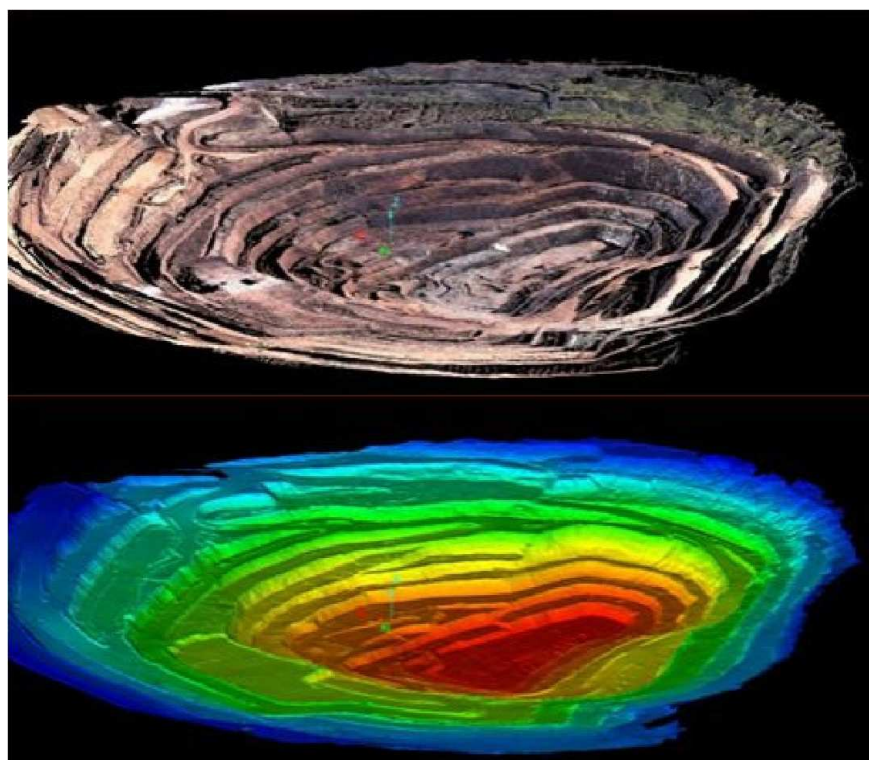


Рисунок 5

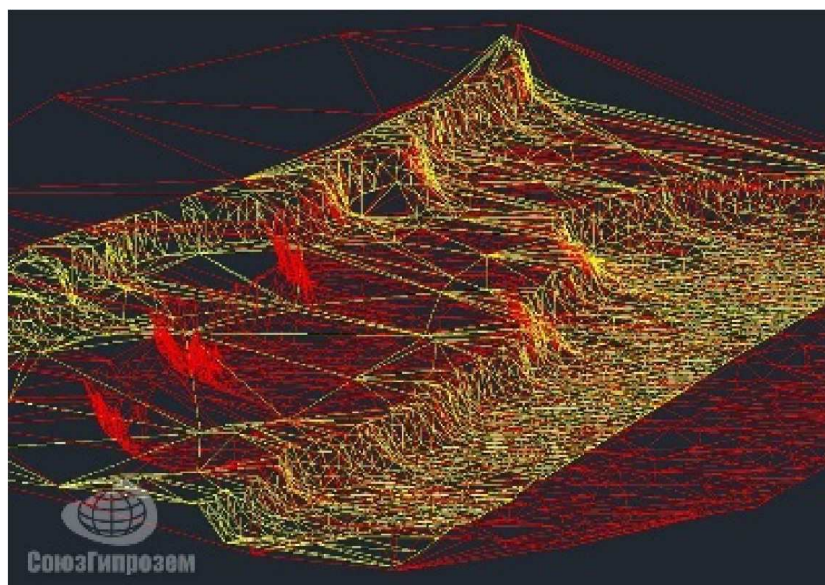


Рисунок 6

Перейдем к самому процессу съемки. Для сканирования с одной точки достаточно настройки и включения аппарата для начала работы. Разберем сканирование большого участка, где сканер просто не может охватить всю зону, или просто не может видеть из-за преграды. Для наглядности рассмотрим то, как использовать прибор пошагово для полной съемки участка вокруг какого-то объекта (хоть и не существует запатентованного порядка сканирования местности). Главная задача при съемке – это точно, с наименьшими погрешностями охватить всю нужную территорию без темных зон. Для этого следует проложить ход сканера таким образом, чтобы сканер мог отсканировать все невидимые точки, оставшиеся с прошлого репера, и при этом все еще состоять в той же системе отчёта, то есть быть связанным с предыдущими реперами. Нужно путем правильного расположения сканера добиться наименьшего количества пустот в итоговой картине. Сами устройства очень автономны, пользователю следует лишь задать настройки, подождать пока прибор отсканирует, и перенести на следующую заранее определенную точку и повторить сканирование (если это требуется, т.е. если одной точки стояния недостаточно), и лишь в конце немного обработать данные. Главная задача со стороны пользователя это правильно связать эти точки после центрирования. Разберем все это пошагово:

1. Составляем план действий. С учетом рельефа и ситуации прокладываем ход, т.е. определяем точки стояния сканера. Составляем абрис журнал.

2. Устанавливаем аппаратуру. Центрируем ее, определяем координаты и задаем настройки такие как: угол в пределах которого будет происходить сканирование местности, и точность. В зависимости от точности будет зависеть то, как долго оборудование будет снимать данную территорию.

3. Следуя построенному маршруту устанавливают прибор на каждую из требующихся проектных точек, и в каждой точке повторяют пункт 2 за исключением определения координат. Координаты (включая высоту) следующей точки прибор вычисляет сам, но для этого надо правильно связать эту точку с предыдущей. Связывают точки друг между другом с помощью специальных заранее установленных маркеров, либо способ как при прокладывании теодолитного хода.

Маркеры – это специальные отражательные поверхности не больших размеров, либо приклеивающиеся на наклонную или вертикальную поверхность, либо устанавливающиеся на горизонтальную. Главное, чтобы маркеры оставались неизменны в своем местоположении. Для правильного определения координат, а затем сохранения оборудования в той же системе отсчета следует ориентироваться по заранее установленным маркерам. Эти маркеры служат как привязка к данной местности. То есть это точки относительно которых прибор и будет определять свое местоположение. В

зависимости от типа сканера, либо по камере, находящейся в нем, либо по полученному сканированию местности и нужно наводиться на маркеры (на маркеры наводится нужно самому).

4. После такой съемки все данные сохраняются в компьютере сканера. Далее нужно обработать эти данные, в результате чего у нас получится точный трехмерный план (на сколько точный зависит от настроек и оборудования) рельефа и ситуации данной местности. Не смотря на то, что сканер обрабатывает данные с помощью бортового компьютера в полевых условиях, все же желательно, а в зависимости от продвинутости сканера может быть и обязательно обработать выданное вам облако точек. Существуют специальные программы для обработки данных со сканера, обычно это делают с помощью достаточно универсальной программы Autocad, но существуют и специальные узко специализированные программы, разрабатываемые либо производителями сканеров, либо университетами, например, программа Credo [11, с. 9].

Если же говорить о сканировании определенного предмета, все намного проще. Достаточно просто задать настройки и начать сканирование, при надобности переместив аппарат для снятия с другой стороны, заранее связав после обработок данные с помощью программы.

При съемке, для уменьшения погрешностей нужно учитывать и исключать по возможности факторы негативно влияющие на процесс сканирования. Это:

- *Вибрации.* Вибрации вносят систематические ошибки в измерения. Для уменьшения влияния вибрации на сканирование можно использовать амортизирующие устройства.

- *Запыленность.* Запыленность вводит в заблуждение прибор. При высокой плотности пыли, НЛС может принять сгусток пыли за точку.

Блестящие поверхности. Блестящие поверхности затрудняют принятия сигнала, в результате чего появляется ошибка в измерении расстояния [4, с. 9].

Не смотря на то, как сильно наземный лазерный сканер может облегчить и ускорить работу при выполнении поставленного плана, к сожалению, сканер не является таким популярным в использовании в России, каким он достоин быть. Основной причиной является высокая цена оборудования. Многие предприятия считают такие вklady не выгодными, хотя на самом деле они могли бы выиграть вдвое благодаря таким преимуществам сканера как точность и очень быстрая скорость работы оборудования (при том, что речь идет не просто о быстрой съемке множества точек, а в добавок и мгновенной обработке данных). О выгоды данной аппаратуры проводила исследование в своей статье ассистент кафедры кадастра и геоинженерии КубГТУ Гура Татьяна Андреевна, анализируя затраты США до и после внедрения Сканера в геодезические работы, выявила явное сокращение затрат на общую работу. Что и является заслугой лёгкости и быстроты пользования наземными лазерными сканерами [5. с. 9]. Если же говорить о выгоды использования данного оборудования, то еще раз стоит вспомнить о том, на сколько наземный лазерный сканер универсальный прибор, и речь идет не только о разнообразии его использования человеком, но и о возможности сочетать сканер с другими технологиями, программами. Стоит заметить совместную работу НЛС с ГИС (геоинформационная система), данная комбинация позволяет решать многие задачи с большим КПД за счет возможности реализовать поставленный план с меньшей вероятностью ошибки [14, с. 9].

До недавнего времени для получения метрической информации об архитектурных объектах применялись либо методы наземной фотограмметрии, либо натурные обмеры. Оба этих способа – очень трудоемки и в полной мере не позволяют создать детальную трехмерную модель объекта. Трехмерное лазерное сканирование позволило ускорить создание трехмерных моделей и увеличить качество, тем самым сделав процесс намного менее трудоемким [9, с. 9].

Литература:

1. URL : <https://studfiles.net/preview/6139155/page:23> (04.07.2018).
2. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Наземное_лазерное_сканирование (04.07.2018).
3. URL : <http://www.kmcgeo.com/Articles/DRplus.htm> (04.07.2018).

4. Наука и техника. – URL : <http://naukaip.ru/wp-content/uploads/2018/03/МК-296-Сборник-Часть-1.pdf> (04.07.2018).
5. Гура Т.А., Мавропуло М.Д., Ковалева А.А., Трюшкин Н.И., Знова М.К., Стрельцов А.И. Мировой опыт создания информационных моделей объектов с помощью технологии сканирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 209–212.
6. Кузнецова А.А., Гура Д.А., Алкачев Т.Э. Анализ полученных данных методом лазерного сканирования для выполнения периодического мониторинга на примере здания расположенного в г. Краснодаре // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 4. – С. 77–83.
7. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Глазков Р.Е. Анализ программного обеспечения для обработки данных наземного лазерного сканирования // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. – Т. 12. – № 3. – С. 127–140.
8. Бушнева И.А., Безверхова Ю.А., Шевченко Г.Г., Гура Д.А. Об использовании наземного лазерного сканирования для получения фасадных чертежей исследуемых зданий и строений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 11. – С. 89–97.
9. Гура Т.А., Грибова Е.А. Перспектива внедрения наземного лазерного сканирования при мониторинге зданий и сооружений : Професионал года 2017 / сборник статей победителей IV Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 123–128.
10. Гура Т.А., Мавропуло М.Д., Ковалева А.А., Трошкин Н.И., Знова М.К., Стрельцов А.И. Мировой опыт создания информационных моделей объектов с помощью технологии сканирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 209–212.
11. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс работ, выполняемых наземным лазерным сканером для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 3. – С. 29–41.
12. Гура Т.А., Иналов Т.Р., Заворотынская В.В., Махинько А.С., Тхазеплова Д.А., Тлапшюков А.Т. Лазерное сканирование промышленных объектов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 225–229.
13. Гура Т.А., Сирота П.В. Особенности сканирования архитектурных сооружений // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 256–263.
14. Касмынина М.Г., Малыгина Т.А., Горбачёв С.Ю. ГИС как инструмент стратегического развития территории г. Ставрополя : Эволюция и деградация почвенного покрова / сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции. – 2017. – С. 371–372.

References:

1. URL : <https://studfiles.net/preview/6139155/page:23> (04.07.2018).
2. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Nazemnoye_lazernoye_skanirovaniye (7/4/2018).
3. URL : <http://www.kmcgeo.com/Articles/DRplus.htm> (04.07.2018).
4. Science and technology. – URL : <http://naukaip.ru/wp-content/uploads/2018/03/МК-296-Сборник-Часть-1.pdf> (7/4/2018).
5. Gura T.A., Mavropulo M.D, Kovalyov A.A, Tryushkin N.I., Znova M.K., Streltsov A.I. International experience of creation of information models of objects by means of technology of scanning // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 209–212.
6. Kuznetsova A.A., Gura D.A., Alkachev T.E. The analysis of the obtained data by method of laser scanning for performance of periodic monitoring on the example of the building located in Krasnodar // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2014. – No. 4. – P. 77–83.
7. Shevchenko G.G., Gura D.A., Glazkov R.E. The analysis of the software for data processing of land laser scanning // Modern industrial and civil engineering. – 2016. – T. 12. – No. 3. – P. 127–140.
8. Bushneva I.A., Bezverkhova Yu.A., Shevchenko G.G., Gura D.A. About use of land laser scanning for obtaining front drawings of the explored buildings and structures // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 11. – P. 89–97.
9. Gura T.A., Gribova E.A. Perspektiva of introduction of land laser scanning when monitoring buildings and constructions : Professional of year of 2017 / collection articles of winners of the IV International scientific and practical competition. – 2017. – P. 123–128.

10. Gura T.A., Mavropulo M.D., Kovalyov A.A., Troshkin N.I., Znova M.K., Streltsov A.I. International experience of creation of information models of objects by means of technology of scanning // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 209–212.

11. Turov D.I., Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A. A complex of the works performed by the land laser scanner for drawing up spatial measurement drawings of underground constructions on the example of hydroelectric power station // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 3. – P. 29–41.

12. Gura T.A., Inalov T.R., Zavorotynskaya V.V., Makhinko A.S., Tkhezeplova D.A., Tlapshokov A.T. Laser scanning of industrial facilities // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 225–229.

13. Gura T.A., Orphan P.V. Osobennosti of scanning of architectural constructions // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 256–263.

14. Kasmynina M.G., Malykhina T.A., Gorbachev S.Yu. GIS as instrument of strategic development of the territory of Stavropol : Evolution and degradation of a soil cover / collection of scientific articles on materials V of the International scientific conference. – 2017. – P. 371–372.

УДК 69.05

**ТЕХНОЛОГИЯ TRIMBLE SX10,
КАК ЭТАП РАЗВИТИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

**TRIMBLE SX10 TECHNOLOGY
AS A STAGE OF DEVELOPMENT OF LASER SCANNING**

Романова Татьяна Андреевна

старший преподаватель,
Кубанский государственный
технологический университет
t_gura@mail.ru

Гасанов Артем Олегович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
artgas777@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрен новейший тахеометр-сканер Trimble SX10, который является новейшей разработкой, которая обеспечивает значительное упрощение процесса съемки больших территорий.

Ключевые слова: геодезия, сканер, инструмент, Trimble, тахеометр, моделирование.

Romanova Tatyana Andreevna

Senior teacher,
Kuban state technological university
t_gura@mail.ru

Gasanov Artem Olegovich

Student,
Kuban state technological university
artgas777@gmail.com

Annotation. This article examines the newest total station scanner Trimble SX10, which is the latest development, which provides a significant simplification of the process of shooting large areas.

Keywords: geodesy, scanner, instrument, Trimble, tacheometer, modeling.

Сканирующий тахеометр Trimble SX10 – это инструмент, позволяющий выполнять геодезическую съемку, съемку изображений и высокоскоростное сканирование [1, с. 22].



Рисунок 1 – Сканирующий тахеометр Trimble SX10

- Революционная технология. Вся съемка с одной точки.

Сканирующий тахеометр Trimble SX10 полностью меняет представление о возможностях геодезических инструментов для повседневных работ, предоставляя самое инновационное решение для профессионалов в области геодезии, строительства и сканирования. Trimble SX10 изменит все привычные технологии ведения работ. Это новое, универсальное решение позволяет получать любые комбинации данных 3D сканирования высокой плотности, изображений Trimble VISION и высокоточных данных тахеометрической съемки, обеспечивая съемку только самого необходимого и тем самым экономя время и средства [2, с. 28].

Благодаря новой технологии Trimble Lightning 3DM, для высокоточных тахеометрических измерений и высокоскоростного 3D сканирования используется всего один инструмент, обладающий невиданной ранее производительностью. Инструмент создан с использованием надежных и мощных технологий, таких как MagDrive и SurePoint. Объединение с новейшими технологиями, такими как Autolock, позволяет SX10 выполнять подробную съемку с максимальной точностью. А благодаря полной интеграции SX10 с программным обеспечением Trimble Access и Trimble Business Center, ваши полевые бригады смогут быстро выполнять работы, используя, хорошо знакомые и эффективные технологические процессы [3, с. 34].



Рисунок 2 – Сканирующий тахеометр Trimble SX10

- Совершенное во всех отношениях 3D сканирование.

Trimble SX10 выполняет сканирование 3D данных с высокой плотностью и скоростью до 26,600 точек в секунду, обеспечивая высокую точность во всем диапазоне измерений – до 600 м. В применяемых в Trimble SX10 технологических процессах полученные при съемке облака точек сохраняются автоматически. Независимо от того, выполняете ли вы круговое сканирование с одной точки, или дополняете съемочные данные сканированием интересующей вас области, вы всегда можете быть уверены, что вся собранная информация точно ложится в выбранную систему координат [4, с. 4].

- Технология VISION – еще лучше, чем когда-либо.

Встроенная в Trimble SX10 уникальная технология Trimble VISION дает вам возможность управления процессом съемки с помощью видеоизображения на экране контроллера, а также позволяет создавать различные отчетные материалы, используя полученные изображения. С самого начала работы вы почувствуете новый, высочайший уровень производительности при любых условиях, а также оцените возможность сканирования круговой панорамы всего за три минуты. Ведете ли вы документирование объекта или снимаете дополнительные визуальные детали к выполненной геодезической съемке – к вашим услугам различные уровни разрешения и множество функций для работы с изображениями [5, с. 32].



Рисунок 3 – Сканирующий тахеометр Trimble SX10

- Непревзойденная точность. Высочайшая производительность.

Сканирующий тахеометр Trimble SX10 устанавливает новые стандарты точности, функциональности и производительности. Независимо от того, ведете ли вы повседневную съемку, или работаете в рамках сложного съемочного проекта, SX10 дает вам уверенность, что вся работа будет выполнена с высочайшим качеством [6, с. 2–3].

Литература:

1. Гура Т.А., Иналов Т.Р., Заворотынская В.В., Махинько А.С., Тхазеплова Д.А., Тлапшочков А.Т. Лазерное сканирование промышленных объектов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 225–229.
2. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс работ, выполняемых наземным лазерным сканером для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 3. – С. 29–41.
3. Руководство пользователя Trimble SX10 Scanning Total Station. – 2017. – С. 14–20.
4. Гура Т.А., Мавропуло М.Д., Ковалева А.А., Трошкин Н.И., Знова М.К., Стрельцов А.И. Мировой опыт создания информационных моделей объектов с помощью технологии сканирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 209–212.
5. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Глазков Р.Е. Анализ программного обеспечения для обработки данных наземного лазерного сканирования // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. – Т. 12. – № 3. – С. 127–140.
6. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Experimental investigations of the errors of measurements of horizontal angles by means of electronic tacheometers // Measurement Techniques. – 2014. – Т. 57. – № 3.

References:

1. Gura T.A., Inalov T.R., Zavorotynskaya V.V., Makhinko A.S., Tkhazeplova D.A., Tlapshokov A.T. Laser scanning of industrial facilities // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 225–229.
2. Turov D.I., Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A. A complex of the works performed by the land laser scanner for drawing up spatial measurement drawings of underground constructions on the example of hydroelectric power station // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 3. – P. 29–41.
3. User's guide Trimble SX10 Scanning Total Station. – 2017. – P. 14–20.
4. Gura T.A., Mavropulo M.D., Kovalyov A.A., Troshkin N.I., Znova M.K., Streltsov A.I. International experience of creation of information models of objects by means of technology of scanning // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 209–212.
5. Shevchenko G.G., Gura D.A., Glazkov R.E. The analysis of the software for data processing of land laser scanning // Modern industrial and civil engineering. – 2016. – Т. 12. – No. 3. – P. 127–140.
6. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Experimental investigations of the errors of measurements of horizontal angles by means of electronic tacheometers // Measurement Techniques. – 2014. – Т. 57. – № 3.

УДК 69.05

СКАНЕР LEICA LAS, КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

SCANNER LEICA LAS, AS A UNIVERSAL TOOL FOR THREE-DIMENSIONAL MODELING

Романова Татьяна Андреевна

старший преподаватель,
Кубанский государственный
технологический университет
t_gura@mail.ru

Гасанов Артем Олегович

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
artgas777@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрен новейший Сканер Leica LAS, который является новейшей разработкой, которая обеспечивает значительное упрощение процесса трехмерного моделирования.

Ключевые слова: геодезия, сканер, инструмент, Leica, LAS, моделирование.

Romanova Tatyana Andreevna

Senior teacher,
Kuban state technological university
t_gura@mail.ru

Gasanov Artem Olegovich

Student,
Kuban state technological university
artgas777@gmail.com

Annotation. This article discusses the latest Leica LAS Scanner, which is the latest development, which provides a significant simplification of the process of 3D modeling.

Keywords: geodesy, scanner, instrument, Leica, LAS, modeling.

Удобное в работе устройство для ручного лазерного сканирования больших измерительных объемов.



Рисунок 1 – Абсолютный сканер Leica LAS

Дающий лазерному сканированию в цеховых условиях полный набор функций, абсолютный сканер Leica Absolute Scanner LAS является доступным и простым в использовании способом добавить к вашему набору метрологических инструментов функцию трехмерной оцифровки [1, с. 3].

Получая точные данные облаков точек в измерительных объемах величиной до 60 метров, LAS объединяет в себе измерительные возможности инструмента с шестью степенями свободы (6DoF). Они присущи координатно-измерительной машине (КИМ) Leica Absolute Tracker AT960, с легкими и эргономичными ручными лазерными сканерами,

что позволяет получить всеобъемлющее и удобное портативное решение для трехмерного сканирования [2, с. 3–4]. Он оптимизирован для ручных операций проверки и обладающий превосходной производительностью. При бесконтактном контроле поверхностей произвольной формы, ручной лазер LAS оснащен удобными функциями [3, с. 28].

LAS автоматически регулирует интенсивность лазерного излучения в зависимости от материала и освещенности, что позволяет получать размерные данные даже на блестящих металлических или темных объектах, не тратя время на подготовку поверхности. Рассчитанный на быстрое переключение с одной технологии контроля на другую, сканер LAS автоматически распознается лазерным трекером. Он обеспечивает плавный переход от измерения с отражателем, на контактный датчик или сканер [4, с. 42]. Вы также можете использовать главную кнопку сканера для выбора настраиваемых, предварительно заданных, профилей измерения, которые позволяют использовать оптимальные настройки для каждой части детали без необходимости внесения изменений в программное обеспечение.

Сканирующее устройство имеет встроенную подсветку и три ракурсных индикатора, обеспечивающих правильное позиционирование с целью получения наилучших результатов сканирования. Визуальный, акустический и тактильный индикаторы позволяют видеть, слышать и ощущать сигнал обратной связи от сканера, что дает полную уверенность в выполняемых действиях. Имеющий класс защиты IP50 и оснащенный питанием от батареи, LAS является ручным сканирующим прибором, который может использоваться повсеместно.



Рисунок 2 – Абсолютный сканер Leica LAS задействован в работе

Питание от батареи Leica Absolute Scanner LAS может работать с питанием от батареи и требует подключения только сетевого кабеля, что обеспечивает полную портативность и выполнение измерений лазерным сканером на ходу [5, с. 54].

Автоматическая подстройка под тип поверхности Принцип эксплуатации «летающая точка» позволяет сканеру LAS автоматически регулировать интенсивность излучения лазера в зависимости от типа поверхности, обеспечивая наилучшее получение показаний без дополнительных усилий со стороны пользователя [6, с. 5].

Литература:

1. Бушнева И.А., Безверхова Ю.А., Шевченко Г.Г., Гура Д.А. Об использовании наземного лазерного сканирования для получения фасадных чертежей исследуемых зданий и сооружений // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 11.

2. Руководство пользователя Абсолютный сканер Leica LAS. – 2017.
3. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс геодезических работ для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 4.
4. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Глазков Р.Е. Анализ программного обеспечения для обработки данных наземного лазерного сканирования // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. – Т. 12. – № 3.
5. Гура Т.А., Катрич А.Е., Баринова Т.А., Сидеропуло Г.Р., Рогозин А.А. Использование данных нлс для получения 3D моделей объектов культурного наследия и создания виртуальных туров : Студент года 2017: лучшая научная работа / сборник статей Международного научно-практического конкурса. – 2017.
6. Гура Т.А., Мавропуло М.Д., Ковалева А.А., Трошкин Н.И., Знова М.К., Стрельцов А.И. Мировой опыт создания информационных моделей объектов с помощью технологии сканирования // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2.

References:

1. Bushneva I.A., Bezverkhova Yu.A., Shevchenko G.G., Gura D.A. About use of land laser scanning for obtaining front drawings of the explored buildings and structures // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 11.
2. User's guide Absolute scanner of Leica of LAS. – 2017.
3. Turov D.I., Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura T.A. A complex of geodetic works for drawing up spatial measurement drawings of underground constructions on the example of hydroelectric power station // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 4.
4. Shevchenko G.G., Gura D.A., Glazkov R.E. The analysis of the software for data processing of land laser scanning // Modern industrial and civil engineering. – 2016. – Т. 12. – No. 3.
5. Gura T.A., Katrich A.E., Barinova T.A., Sideropulo G.R., Rogozin A.A. Use of data NLS for receiving 3D models of objects of cultural heritage and creation of virtual tours: Student of year 2017 : the best scientific work / collection of articles of the International scientific and practical competition. – 2017.
6. Gura T.A., Mavropulo M.D., Kovalyov A.A., Troshkin N.I., Znova M.K., Streltsov A.I. International experience of creation of information models of objects by means of technology of scanning // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2.

УДК 69.

ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ СЪЕМКА ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ВОДОПРОВОДА

EXECUTIVE SURVEY OF LINEAR STRUCTURES ON THE EXAMPLE OF WATER SUPPLY

Романова Татьяна Андреевна

старший преподаватель
Кубанский государственный
технологический университет
t_gura@mail.ru

Ястребчикова Маргарита Сергеевна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
margaret1999@bk.ru

Romanova Tatyana Andreevna

Senior teacher,
Kuban state technological university
t_gura@mail.ru

Yastrebchikova Margarita Sergeevna

Student,
Kuban state technological university
margaret1999@bk.ru

Аннотация. Данная статья посвящена сущности исполнительной съёмки линейных сооружений на примере водопровода. В ней выделяются и описываются характерные особенности и тонкости съёмки водопровода. Также приведены примеры использования современного оборудования и технологий, доступно описываются рабочие методы съёмок. Статья помогает приобрести и легко усвоить дополнительные знания по дисциплине «Геодезия» и конкретизировать уже полученные учения в этой сфере.

Annotation. This article is devoted to the essence of Executive survey of linear structures on the example of water supply. It highlights and describes the characteristics and subtleties of shooting water. Also, examples of the use of modern equipment and technologies are given, working methods of filming are described. The article helps to acquire and easily learn additional knowledge on the subject of "Geodesy" and to concretize the already received teachings in this field.

Ключевые слова: съёмка, водопровод, особенности, коммуникации, трубоискатели.

Keywords: survey, water supply, features, communications, pipe locators.

Исполнительная съёмка водопровода

Все мы знаем, что для жизни нам нужна такая система снабжения как водопровод. Для нашей повседневной жизни это просто и обыденно, но при строительстве занимает много ресурсов и требует точных знаний в области геодезии. Геодезическая съёмка-это необходимое условие для выполнения каких-либо строительных работ, возведений зданий и сооружений. Геодезическая съёмка водопровода включает в себя определенные правила и знания. Съёмка подземных линейных сооружений выполняется до засыпания траншей и котлованов зоны магистрали.

Исполнительные съёмки водопровода делают сравнительно плановых и высотных знаков геодезической или разбивочной сети строительной площадки и притрассовой полосы местности. Съёмки в проекте разрешаются сравнительно близких имеющихся зданий, изображенных на инженерно-топографическом плане. Для выполнения съёмок необходимо исполнить несколько видов работ:

- выяснение сохранности геодезической или же разбивочной сети и обновление символов этой сети;
- съёмку и нивелирование составляющих инженерных сетей и сооружений;
- выполнение исполнительных чертежей и планов.

По водопроводу к съёмке относятся: ось магистрали, колодцы, аварийные выпуски, артезианские скважины, изломы в профиле, водоразборные колонки и пожарные гидранты, заглушки, углы. На прямых участках магистрали ход меж координатами, которые надо снять должно быть менее 20, 30, 50 м для создания чертежей в масштабах 1:500, 1:1000 и 1:2000 в соответствии с этим.

Для съёмки прямолинейных, находящихся под землей сооружений необходимы:

- местоположение пересечения осей вводов (выводов) сетей с внешними границами зданий и сооружений;
- пространства конфигурации поперечников труб [1, с. 54].

Когда мы выполняем съёмку, нам нужно получить сведения о числе, находящихся под землей прокладок, отверстий, материале труб, колодцев, о величине диаметров труб и каналов. В месторасположении подземного водопровода в блоках и тоннелях выполняется съёмка только одной их стороны, иная сторона наносится по сведениям промеров. Выходы, находящегося под землей водопровода, и составляющие его систем обязаны быть объединены промерами меж собою и привязываться к близким исходным контурам стройки контрольными замерами. Ширина притрассовой полосы, распространенная на исполнительную съёмку, должна являться никак не менее 20 м в обе стороны от оси магистрали либо утверждаться техническим проектом [2, с. 35]. При исполнении геодезических работ нужно использовать необходимую документацию, которая соответствует проектной документации порядковой нумерации колодцев, камер, углов поворота и др. При нахождении вспомогательных точно таких же составляющих сооружений им по нарастающей предоставляется номер ближайшего предшествующего элемента, обозначенный символом «штрих» или буквой русского алфавита. Необходимой съёмке подходят все подземные конструкции, вскрытые траншеей, пересекающие прокладку и находящиеся параллельно ей. Вместе со съёмкой заданных составляющих водопровода должна быть произведена съёмка всех сооружений, прилегающих к проезду или к магистралям прокладок. При углублении строительных составляющих больше 1 м их координаты выставляются на уровень земли при помощи рейки или отвеса с круглым уровнем. Съёмка округленных мест частей производится так, чтобы можно было изобразить их геометрический аналог в масштабе исполняемого плана. Съёмка водопровода нуждается в абрисе, в нём чертятся эскизы ситуации в отношении точек и сторон теодолитного хода, изображаются схемы и числовые величины привязки частей сети к теодолитному ходу и постройкам, размеры объекта в плане, сечения и т.д. [3, с. 79].

Плановое положение находящегося под землей водопровода и, имевшего отношение к нему постройкам, может быть найдено:

– на застроенной территории – от начальных координат капитального строительства, от пунктов геодезической или же разбивочной сети и съёмочного обоснования, от координат специально проложенных полигонометрических или теодолитных ходов;

– на незастроенной местности – от точек съёмочного обоснования, пунктов геодезической сети или от точек намеренно проложенных полигонометрических или теодолитных ходов [4, с. 106].

Выходы водопровода и углы их поворота на пустой местности подвергаются съёмке точек. Исполнительная съёмка планового положения составляющих водопровода выполняется каким-нибудь методом:

– методом линейных засечек. При помощи стальной ленты или лазерной рулетки от трех или более твердых точек, протяженность направлений засечки никак не может превышать длину металлической мерной ленты или рулетки (20–50 м), углы между пересекающимися линиями в находимой точке никак не должны быть менее 30° и более 120° (для лазерной рулетки расстояния засечки снижаются до 20–30 м);

– методом перпендикуляров. Протяженностью меньше 4 м с направлений, связывающих местоположение съёмочного обоснования, полигонометрических либо теодолитных ходов, либо капитальной застройки и с направлений, продлевавших их створ, протяженность створа никак не должна быть больше 50 % дистанции между конечными координатами створа, но не должна быть больше 60 м;

– полярным методом с пунктов опорной геодезической сети, с точек съёмочного обоснования и теодолитных ходов или вспомогательных координат, надежно определенных геодезической засечкой [5, с. 253].

В полярном способе съёмки используется электронный тахеометр или оптический теодолит. Ноль лимба устройства ориентируется на соседнюю точку геодезической сети, стоящую от прибора более чем на 50 м. При съёмке электронным тахеометром метраж полярного направления берется никак не более 500 м. При съёмке теодолитом и рулеткой протяженность полярного направления не должна быть выше 30 м; с применением лазерной рулетки – до 100 м в связи с освещенностью [6, с. 241].

При применении каждого способа нужно осуществлять контрольные измерения метража между ними.

Все линейные замеры во время съёмок исполняются электронными дальномерами, металлическими лентами или стальными рулетками. Тесьмяные рулетки при нахождении линий не применяются. Точки водопровода, находящиеся под землей пребывающие в траншеях, во время съёмки выносятся на уровень земли отвесом [7, с. 59]. Все координаты частей водопровода, находящегося под землей, пригодные для съёмки, поочередно, согласно процессу съёмки, нумеруются в полевых абрисах и журналах. Когда подземный водопровод глубоко заложен, высотное положение его координат находят по результатам нахождения металлической или лазерной рулеткой вертикального расстояния от устойчивой точки с известной отметкой, находящейся на уровне поверхности земли, или другими доступными способами, которые гарантируют точность для нахождения координат. Съёмку прямолинейных находящихся под землей технических коммуникаций исполняют от планово-высотного обоснования – сети триангуляции или полигонометрии, съёмочных теодолитных ходов, а также нивелирных реперов IV класса и выше. От твердых точек строительных конструкций горизонтальную съёмку выполняют линейными засечками, методом перпендикуляров и методом створов. С пунктов съёмочного обоснования и точек опорной сети определения выполняют линейными засечками, перпендикулярами, полярными расстояниями и комбинированным методом. Линейные засечки производят более чем с 3-х пунктов, и направление засечек и никак не может быть больше, чем метраж мерной ленты. Углы среди смежных направлений обязаны быть в границах 30–120°. Протяженность перпендикуляра никак не может быть выше 4 м, в случае применения экера – 20 м. Для более длинных перпендикуляров их используют в комбинации с засечками. Плановое положение частей инженерных сетей устанавливают с правильностью, которая гарантирует неточность не более 0,2 м. Диапазон съёмки зависит от вида снимаемой территории, массивности размещения сетей, назначения создаваемых планов и как правило составляет 1:5000–1:500, иногда – 1:200. Исполнительной съёмке подлежат: углы поворота; точки на прямолинейных участках более чем через 50 м; точки начала, середины и конца сетей; пересечения трасс; зоны присоединений ответвлений. Если водопровод находится в блоках и тоннелях выполняют съёмку только одной стороны, другую наносят по данным промеров. Выходы сетей, находящихся под землей и компоненты их конструкций необходимо объединить между собой либо привязать к жестким контурам, застройкам контрольными промерами. Съёмкой предпочитают полосу более чем 20 м в обе стороны от оси магистрали. В процессе исполнения работы следует пронумеровать колодцы, камеры и др. У круглых колодцев необходимо отснять центр крышки решеток, у люков прямоугольной фигуры – 2 угла. Для колодцев, которые выстроены согласно типовым планам, устанавливают только внецентренность и ориентировку. Внецентренность колодцев определяют зачастую с помощью отвесов либо рейки. В случае, если съёмки выполнены неточно или недостаточно плотно, исполняется съёмка существующих коммуникаций, находящихся под землей [8, с. 118]. Эту съёмку исполняют вместе с топографической съёмкой участка местности или с топографическими проектами, которые были составлены ранее. Результаты, полученные при съёмке, нередко бывают неполными, из-за того, что коммуникации бывают спрятаны, и на уровне земли имеются лишь смотровые и регулировочные строения. Плановое состояние скрытых зон сетей устанавливают по материалам ранних исполнительных съёмок, отыскивают трубокабелеискателем и в последнюю очередь уже применяют вскрытие шурфами по согласованию с эксплуатирующей организацией. Трубокабелеискатель представляет собой конструкцию из 2-х основных узлов – генератора электромагнитных колебаний и приемного устройства. Генератор в нужном месте подключают к коммуникации, из-за чего вокруг нее возникает переменное магнитное поле. Если у нас токонепроводящий трубопровод, то в него пропускают дополнительный проводник или заливают токопроводящую жидкость. Если подключение генератора к трубопроводу и кабелю нереально осуществить, то генератор заземляют в 2-х или более местах, при этом вокруг коммуникации возникает наведенное электромагнитное поле. Приемное устройство ловит колебания электромагнитного поля и дает возможность, перемещая его, по максимуму сигнала определит месторасположение коммуникации. Средние квадратические по-

грешности определения положения коммуникаций, находящихся под землей, в хороших условиях имеют в сантиметрах: в плане $m_p = 7,5h$; по высоте $m_h = 13h$, где h – углубленность залегания коммуникации, м. Использование трубокабелеискателей помогает как можно легче и быстрее отыскать коммуникаций, однако не способен раскрыть технические свойства трубопроводов. Их необходимо найти во время съемки [9, с. 121]. Съёмка существующих коммуникаций, находящихся под землей, зависит от особенностей объекта, качества ранее составленных планов и др, поэтому чаще всего для работ используют нижеперечисленную последовательность:

- формирование планово-высотной съемочной сети;
- осуществление топографической съемки местности, содержащая съемку абсолютно всех построек подземных коммуникаций с вводами в здания и другими элементами внешних признаков сетей;
- выполнение предварительной схемы сетей с применением итогов топографической съемки и данных других организаций;
- рекогносцировка места территории;
- исследование и нивелирование колодцев (камер) коммуникаций, находящихся под землей;
- уточнение схемы сетей путем рекогносцировки и шурфования и определения мест для работы с трубокабелеискателями;
- поиск и съемка скрытых подземных коммуникаций;
- осуществление схемы отрекогносцированных сетей и согласование ее с представителями организаций, эксплуатирующих сети;
- осуществление плана инженерных сетей, совместно с топографическим проектом территории, и экспликации колодцев инженерных коммуникаций, находящихся под землей [10, с. 25].

Прочитав эту статью, можно сделать вывод, что любые виды геодезических работ – дело рук профессионалов. Без них никак не получится точно и правильно выполнить нужную съёмку.

Литература:

1. Ключин Е.Б., Михелев Д.Ш., Киселёв М.И., Фельдман В.Д. Инженерная геодезия. – М. : Высш. шк., 2000.
2. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений : Практикум по прикладной геодезии. – М. : Недра, 1993.
3. Григоренко А.Г., Киселев М.И. Инженерная геодезия. – М. : Высшая школа, 1983.
4. Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений : учеб. пособие / В.С. Ермаков, Н.Н. Загрядская, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2001.
5. Гура Т.А., Сикорская М.Н.А., Каранова В.В., Себелева А.А., Бирюкова А.О. Геодезическое обеспечение при мелиоративном строительстве // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 250–255.
6. Гура Т.А., Погодина П.В., Ищук Ю.П., Рабданов Д.М., Гайко Е.В. Среда autocad civil 3d: анализ программы, способы и методы обработки данных инженерно-геодезических изысканий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – № 2. – С. 240–242.
7. Шевченко Г.Г., Гура Д.А., Гура Т.А., Мавропуло М.Д. О стоимости работ по выполнению геодезического мониторинга в г. Краснодаре и Краснодарском крае // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 1. – С. 54–64.
8. Хорцев В.Л., Проскура Д.В., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Горизонтальные и вертикальные смещения сооружений и причины их возникновения : Науки о Земле на современном этапе / VI Международная научно-практическая конференция. – 2012. – С. 116–119.
9. Хорцев В.Л., Проскура Д.В., Шевченко Г.Г., Гура Д.А. Наблюдения за горизонтальными и вертикальными смещениями сооружений : Науки о Земле на современном этапе / VI Международная научно-практическая конференция. – 2012. – С. 120–123.
10. Желтко Ч.Н., Бердзенишвили С.Г., Корелов С.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Пастухов М.А. Учебная геодезическая практика : Методические указания по организации и контролю учебной практики для студентов всех форм обучения направлений 120700 Землеустройство и кадастры, 130500 Нефтегазовое дело, 270800 Строительство, 271101 Строительство уникальных зданий и сооружений. – Краснодар, 2013. – Ч. 3: Решение геодезических задач.

References:

1. Klyushin E.B., Mikhelev D.Sh., Kiselyov M.I., Feldman V.D. Engineering geodesy. – M. : Higher school, 2000.
2. Geodetic support of construction and operation of engineering constructions : Workshop on applied geodesy. – M. : Nedra, 1993.
3. Grigorenko A.G., Kiselyov M.I. Engineering geodesy. – M. : Higher school, 1983.
4. Engineering geodesy. Geodetic support of construction and operation of sea and water transport constructions: studies. grant / V.S. Ermakov, N.N. Zagryadskaya, E.B. Mikhalevko, N.D. Belyaev. – SPb. : Publishing house SPbGTU, 2001.
5. Gura T.A., Sikorskaya M.N.A., Karanova V.V., Sebeleva A.A., Biryukova A.O. Geodetic support at meliorative construction // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 250–255.
6. Gura T.A., Pogodina P.V., Ishchuk Yu.P., Rabdanov D.M., Gayko E.V. Autocad civil 3D environment: analysis of the program, ways and methods of data processing of engineering and geodetic researches // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – No. 2. – P. 240–242.
7. Shevchenko G.G., Gura D.A., Gura T.A., Mavropulo M.D. About the cost of works on performance of geodetic monitoring in Krasnodar and Krasnodar Krai // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2017. – No. 1. – P. 54–64.
8. Hortsev V.L., Proskura D.V., Gura D.A., Shevchenko G. G. Horizontal and vertical shifts of constructions and reason of their emergence : Sciences about Earth at the present stage / the VI International scientific and practical conference. – 2012. – P. 116–119.
9. Hortsev V.L., Proskura D.V., Shevchenko, Gura D.A. Observations of horizontal and vertical shifts of constructions : Sciences about Earth at the present stage / the VI International scientific and practical conference. – 2012. – P. 120–123.
10. Zheltko Ch.N., Berdzenishvili S.G., Korelov S.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Pastukhov M.A. Educational geodetic practice: Methodical instructions on the organization and control of educational practice for students of all forms of education of the Land management directions 120700 and inventories, 130500 Oil and gas case, 270800 Construction, 271101 Construction of unique buildings and constructions. – Krasnodar, 2013. – P. 3: Solution of geodetic tasks.

УДК 378.147:378.018.43

**УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ
SCRUM-МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ**

**CONDITIONS OF IMPLEMENTATION
OF PROJECTS MANAGEMENT SCRUM METHODOLOGY**

Романова Марина Леонидовна

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры физики,
Кубанский государственный
технологический университет

Савченко Владислав Геннадьевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Мишков Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Кононенко Дмитрий Игоревич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Бевз Екатерина Александровна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Березина Анастасия Игоревна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. Роль проектной деятельности в условиях инновационной экономики постоянно возрастает. В свою очередь, успешное выполнение проекта невозможно без эффективного управления, поэтому на смену “жестким” методам управления проектами приходят гибкие методологии; наиболее эффективной признана SCRUM-методология. Реализация данной методологии управления проектами (проектного менеджмента) сталкивается со значительными трудностями, что потребовало авторам настоящей статьи выделения соответствующих условий.

Ключевые слова: SCRUM-методология, проект, управление, условия.

Romanova Marina Leonidovna

Candidate of pedagogical sciences,
Associate professor,
Associate professor of physics,
Kuban state technological university

Savchenko Vladislav Gennadyevich

Student,
Kuban state technological university

Mishkov Daniil Andreevich

Student,
Kuban state technological university

Kononenko Dmitry Igorevich

Student,
Kuban state technological university

Bevz Ekaterina Alexandrovna

Student,
Kuban state technological university

Berezina Anastasia Igorevna

Student,
Kuban state technological university

Annotation. The role of project activities in the innovation economy is constantly increasing. In turn, the successful implementation of the project is impossible without effective management, so “hard” methods of project management are replaced by flexible methodologies; SCRUM methodology is recognized as the most effective. The implementation of this project management methodology (project management) is faced with significant difficulties, which required the authors of this article to identify appropriate conditions.

Keywords: SCRUM methodology, project, management, conditions.

Введение

Современная экономика развивается такими темпами, что и от предприятий (крупных социально-экономических систем), и от отдельных проектных команд требуются значительные усилия и эффективность работы, чтобы выжить в конкурентной среде [1, 12, 18]. Постоянно возрастающая сложность задач, связанных с проектной деятельностью (в любой сфере, в том числе в научной сфере и в программной индустрии), вызывает потребность в эффективном управлении. Очевидно, что «жесткие» мо-

дели управления проектами (например, каскадная, реализация которой основана на применении графиков Ганта) устарели вследствие своей неэффективности, неспособности адаптироваться к реальным условиям проектной деятельности.

Как следствие, на смену «жестким» методам управления проектами приходят гибкие методологии; наиболее эффективной признана SCRUM-методология, разработанная Д. Сазерлендом [18]. Применяя эту методику, можно на самом раннем этапе устранить ошибки, так как в случае применения SCRUM-методологии работа ведется короткими циклами (спринтами), а также поддерживать постоянную связь с заказчиком, что исключает создание ненужного ему продукта (иначе говоря, взаимодействие в заказчиком или его представителем должно быть перманентным). В отличие от традиционного подхода, предполагающего подконтрольность и предсказуемость, составление планов (всегда неработающих!), SCRUM-методология даёт возможность в четко обозначенные и непродолжительные циклы (спринты) добиваться поставленных целей.

Но известно, что любая технология или методология управления реализуема в определённых условиях [1–18]. Условия – внешние факторы, при которых функционирует та или иная система. Поэтому целью настоящего исследования явилось выделение условий успешной реализации SCRUM-методологии управления проектами.

Результаты исследования

Анализ SCRUM-методологии позволил выделить три группы условий её реализации. Охарактеризуем их.

Важнейшие социально-психологические условия: высокий уровень квалификации (социально-профессиональной компетентности, особенно ключевых, профессиональных компетенций, в целом – конкурентоспособности, профессиональной, личностной и психофизиологической надёжности [3–5, 7–17]) членов проектной команды; высокий уровень социально-профессиональной компетентности представителя заказчика и менеджеров проекта (особенно информационно-управленческой компетентности); должный уровень готовности представителя заказчика к перманентному взаимодействию с проектной командой; высокий уровень инновационного потенциала проектной команды, готовность всех её членов (в том числе менеджеров) к инновационной деятельности; социальная защищённость и психологическая безопасность для участников проектной деятельности, благоприятный социально-психологический климат в проектной команде (например, не должны для работников, особенно высококвалифицированных, звучать слова «Не нравится – уходите!», не должен «висеть дамоклов меч» сокращений и т.д.); кадровая безопасность проектной команды (в том числе кадровая самодостаточность).

Принципиально важные организационно-методические условия: устойчивость проектной команды, её зрелость (включая опыт команды в выполнении проектов); перманентность взаимодействия с заказчиком или его представителями; наличие документов и стандартов, регламентирующих деятельность проектной команды; наличие концептуальных и математических (особенно информационно-вероятностных [2, 6]) моделей управления проектной деятельностью; наличие операциональных (чётких, объективно измеримых) критериев успеха проекта; налаженность системы мониторинга проектной деятельности, его перманентность.

Важнейшие социально-экономические условия: достойный уровень оплаты труда участников проектной деятельности (членов проектной команды, как менеджеров, так и персонала); объективность апгрейдовой системы оплаты труда (это требует, в свою очередь, методов объективной оценки объёма и результативности труда персонала); должный уровень материально-технической базы, наличие возможностей для её постоянного обновления и развития; наличие на обозримой территории значительного числа потенциальных платёжеспособных заказчиков и клиентов (как юридических, так и физических лиц); экономическая безопасность (как для заказчика, так и для проектной команды).

Заключение

Для авторов статьи очевидно, что SCRUM-методология управления проектами универсальна, т.е. применима к любой сфере человеческой деятельности; следовательно, выделенные условия её реализации также универсальны.

Литература:

1. Бондарева Ю.Е. Моделирование структуры источников финансирования инновационных проектов в России // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 12. – С. 263–272.
2. Ворошилова И.С. Зрелость социально-педагогических систем / И.С. Ворошилова, М.Л. Романова, З.А. Батчаева, Г.П. Кувшинова, З.Н. Чеккуева // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 11. – С. 249–265.
3. Ворошилова И.С. Модели профессиональной надёжности педагога / И.С. Ворошилова, Т.В. Тихомирова, Н.А. Синельникова, М.Л. Романова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 9 (115). – С. 14–18.
4. Вязанкова В.В. Формирование информационной культуры личности студентов в структуре управления образовательным процессом / В.В. Вязанкова, З.А. Маушева, М.Л. Романова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 1 (59). – С. 22–28.
5. Изотова Л.Е. Модели факторов риска недостаточной образованности / Л.Е. Изотова, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 4 (110). – С. 56–59.
6. Киселева Е.С. Образовательный процесс в информационно-вероятностной интерпретации / Е.С. Киселева, Л.Н. Караванская, М.Л. Романова, Р.В. Терюха // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 2 (96). – С. 72–77.
7. Полянский А.В. Педагогический эксперимент в физическом воспитании студентов / А.В. Полянский, Д.А. Романов, Е.Ю. Лукьяненко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 4. – С. 55–60.
8. Романов Д.А. Современные модели толерантности обучающихся / Д.А. Романов, И.Ю. Глухенький, Р.В. Терюха // Среднее профессиональное образование. – 2013. – № 12. – С. 28–30.
9. Романов Д.А. Математические модели формирования личностно-профессиональных качеств студентов / Д.А. Романов, А.А. Ковтун, Е.С. Киселёва, Л.Н. Караванская // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 3. – С. 106–120.
10. Романова М.Л. Отражение научного знания в содержании вузовского образования // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 3. – С. 372–393.
11. Сутокский В.Г. Формирование физической культуры личности студентов технического колледжа / В.Г. Сутокский, Д.А. Романов, Т.В. Тихомирова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 6. – С. 74–80.
12. Шабельников А.Н. Управление разработкой инновационных проектов / А.Н. Шабельников, Я.М. Гибнер // Общество: политика, экономика, право. – 2016. – № 1. – С. 27–30.
13. Шапошникова Т.Л. Диагностика толерантности в структуре мониторинга личностно-профессионального развития студента / Т.Л. Шапошникова, М.Л. Романова, А.Е. Федюн // Среднее профессиональное образование. – 2013. – № 12. – С. 26–28.
14. Шапошникова Т.Л. Диагностика сформированности компетенций / Т.Л. Шапошникова, В.Г. Миненко, К.В. Хорошун, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 3 (121). – С. 180–184.
15. Шлюбуль Е.Ю. Квалиметрическая оценка дисциплинированности студентов вуза / Е.Ю. Шлюбуль, Н.А. Синельникова, М.Л. Романова, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – № 7 (89). – С. 145–150.
16. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L., Hlopova T.P. and Tarasenko N.A. Interrelation of Tolerance Formation and Social Experience: Life Science Journal, 10 (12s), 2013. – pp. 158–162.
17. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L. and Tarasenko N.A. Conditions to Inculcate Tolerance in Students: Life Science Journal, 10 (11s), 2013. – pp. 325–330.
18. Sutherland J. Scrum: the Art of Doing Twice the Work in Half the Time. – New York: Crown Business, 2017. – 275 p.

References:

1. Bondareva Yu.E. Modeling of structure of sources of financing of innovative projects in Russia // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 12. – P. 263–272.
2. Voroshilova I.S. Maturity of social and pedagogical systems / I.S. Voroshilova, M.L. Romanova, Z.A. Batchayeva, G.P. Kuvshinova, Z.N. Chekkuyeva // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2015. – No. 11. – P. 249–265.
3. Voroshilova I.S. of Model of professional reliability of the teacher(s) / I.S. Voroshilova, T.V. Tikhomirova, N.A. Sinelnikova, M.L. Romanova // Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft. – 2014. – No. 9 (115). – P. 14–18.

4. Vyazankova V.V. Formation of information culture of the identity of students in structure of management of educational process / V.V. Vyazankov, Z.A. Maushev, M.L. Rohm-is new // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft.* – 2010. – No. 1 (59). – P. 22–28.
5. Izotova L.E. Models of risk factors of insufficient education / L.E. Izotova, D.A. Romanov // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft.* – 2014. – No. 4 (110). – P. 56–59.
6. Kiselyova E.S. Educational process in information and probabilistic interpretation / E.S. Kiselyova, L.N. Karavanskaya, M.L. Romanova, R.V. Teryukh // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft.* – 2013. – No. 2 (96). – P. 72–77.
7. Polyansky A.V. A pedagogical experiment in physical training of students / A.V. Polyansky, D.A. Romanov, E.Yu. Lukyanenko // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft.* – 2008. – No. 4. – P. 55–60.
8. Romanov D.A. Modern models of tolerance of students / D.A. Romanov, I.Yu. Glukhenky, R.V. Teryukh // *Secondary professional education.* – 2013. – No. 12. – P. 28–30.
9. Romanov D.A. Mathematical models of formation of personal and professional qualities of students / D.A. Romanov, A.A. Kovtun, E.S. Kiselyova, L.N. Karavanskaya // *Scientific works of the Kuban state technological university.* – 2014. – No. 3. – P. 106–120.
10. Romanova M.L. Reflection of scientific knowledge in the content of high school education // *Scientific works of the Kuban state technological university.* – 2016. – No. 3. – P. 372–393.
11. Sutoksky V.G. Formation of physical culture of the identity of students of technical college / V.G. Sutoksky, D.A. Romanov, T.V. Tikhomirova // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft.* – 2009. – No. 6. – P. 74–80.
12. Shabelnikov A.N. Management of development of innovative projects / A.N. Shabelnikov, Ya.M. Gibner // *Society: policy, economy, right.* – 2016. – No. 1. – P. 27–30.
13. Shaposhnikova T.L. Diagnostics of tolerance in structure of monitoring of personal and professional development of the student / T.L. Shaposhnikova, M.L. Romanova, A.E. Fedyun // *Secondary professional education.* – 2013. – No. 12. – P. 26–28.
14. Shaposhnikova T.L. Diagnostics of formation of competences / T. L. Shaposhnikova, V.G. Minenko, K.V. Horoshun, D.A. Romanov // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft.* – 2015. – No. 3 (121). – P. 180–184.
15. Shlyubul E.Yu. Qualimetric assessment of discipline of students of higher education institution / E.Yu. Shlyubul, N.A. Sinelnikova, M.L. Romanova, D.A. Romanov // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft.* – 2012. – No. 7 (89). – P. 145–150.
16. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L., Hlopova T.P. and Tarasenko N.A. Interrelation of Tolerance Formation and Social Experience: *Life Science Journal*, 10 (12s), 2013. – pp. 158–162.
17. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L. and Tarasenko N.A. Conditions to Inculcate Tolerance in Students: *Life Science Journal*, 10 (11s), 2013. – pp. 325–330.
18. Sutherland J. *Scrum: the Art of Doing Twice the Work in Half the Time.* – New York: Crown Business, 2017. – 275 p.

УДК 378.147:378.018.43

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОЛЛЕКТИВОВ

MODERN ASSESSMENT METHOD OF TEAMS INTERACTION

Романова Марина Леонидовна

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры физики,
Кубанский государственный
технологический университет

Савченко Владислав Геннадьевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Мишков Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Кононенко Дмитрий Игоревич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Бевз Екатерина Александровна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Березина Анастасия Игоревна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. В современном мире без социальной кооперации (консолидации усилий) коллективов невозможно успешное решение сложных задач, связанных с проектной деятельностью (тем более, при постоянном усложнении задач, стоящих перед любой сферой человеческой деятельности). Авторами настоящей статьи выделены уровни взаимодействия коллективов; представленные уровни инвариантны по отношению к сфере человеческой деятельности.

Ключевые слова: коллектив, взаимодействие, диагностика, уровни.

Romanova Marina Leonidovna

Candidate of pedagogical sciences,
Associate professor,
Associate professor of physics,
Kuban state technological university

Savchenko Vladislav Gennadyevich

Student,
Kuban state technological university

Mishkov Daniil Andreevich

Student,
Kuban state technological university

Kononenko Dmitry Igorevich

Student,
Kuban state technological university

Bevz Ekaterina Alexandrovna

Student,
Kuban state technological university

Berezina Anastasia Igorevna

Student,
Kuban state technological university

Annotation. In the modern world, without social cooperation (consolidation of efforts) of teams, it is impossible to successfully solve complex problems associated with project activities (especially with the constant complexity of the tasks facing any sphere of human activity). The authors of this article highlight the levels of interaction of groups; the presented levels are invariant in relation to the sphere of human activity.

Keywords: team, interaction, assessment, levels.

Введение

В настоящее время очевидно, что повышение эффективности проектной деятельности коллективов невозможно без их социальной кооперации [1–18]. В современном мире сложность задач, связанных с проектной деятельностью, возросла настолько, что их успешное решение невозможно не только усилиями отдельных работников (пусть даже высококвалифицированных!), но и отдельных коллективов. Вместе с тем, не в полной мере используется огромный потенциал социального партнёрства для повышения эффективности проектной деятельности. Возникает вопрос: как использовать этот потенциал?

Результаты исследований

Современными специалистами разработаны модели и критерии взаимодействия коллективов на примерах научных коллективов и команд для выполнения программных проектов. Модели и критерии взаимодействия коллективов – основа для выделения его уровней. Охарактеризуем их.

Очень низкий (низший) уровень характеризуется небольшим числом участников социального взаимодействия, недостаточно интенсивным взаимодействием и его невысокой эффективностью; недостаточная интенсивность заключается, прежде всего, в слабой интеграции ресурсов (прежде всего – интеллектуальных) отдельных коллективов, вследствие чего не наблюдается существенного различия в продуктивности решения задач, связанных с проектной деятельностью, по сравнению с ситуацией, если бы взаимодействие отсутствовало.

Низкий уровень отличается более тесными связями и интенсивным взаимодействием между участниками. Наблюдается определённый выраженный эффект от объединения ресурсов коллективов (интеллектуальных, информационных и т.д.), но низка мотивация участников как к самому взаимодействию, так и к повышению эффективности совместной деятельности.

Средний уровень характеризуется устойчивостью социальных связей и взаимодействия между коллективами (наблюдается системность взаимодействия), выраженным эффектом от объединения ресурсов, должным уровнем готовности (значительной доли) участников к совместному решению задач, связанных с проектной деятельностью; данная готовность характеризуется должным уровнем и операционного, и мотивационного, и поведенческого компонентов, т.е. знаний, умений, мотивов и опыта). Однако не происходит совершенствования проектной деятельности, не наблюдается развития технологий управления ею.

Уровень «выше среднего» диагностируют, если участники взаимодействия обладают высоким уровнем готовности к совместному решению профессиональных задач и к проектной деятельности (выполнению инновационных проектов); наблюдается однозначная связь между эффективностью взаимодействия и его факторами, т.е. взаимодействие является налаженным, результаты – предсказуемыми (можно даже описать формально, с помощью математических моделей); однако развитие технологий управления коллективами проявляется слабо и невыраженно. Тем не менее, на данном этапе происходит всемерная поддержка работников, особенно начинающих, содействие в решении их проблем и преодолении трудностей в профессиональной деятельности, систематическая работа по мотивированию работников к непрерывному росту профессионального мастерства.

Высокий уровень взаимодействия характеризуется высоким социокультурным и экономическим эффектом (эффективностью решения задач, связанных с проектной деятельностью) благодаря высокой согласованности деятельности участников; гарантированно решение на требуемом уровне задач различного уровня масштабности и трудности. На данном уровне активно ведутся работы по созданию единого информационного пространства взаимодействующих коллективов. Для данного уровня также характерна стандартизация решения типовых профессиональных задач (данная стандартизация создаёт устойчивую основу для развития, для творческого подхода к проектированию деятельности участников взаимодействия, т.е. коллективов в целом и работников в частности).

Очень высокий уровень отличается от предыдущего тем, что взаимодействующие коллективы стремятся транслировать в социуме передовой опыт взаимодействия, в целом, профессиональной деятельности, в частности. Иначе говоря, социальная активность всех взаимодействующих коллективов характеризуется не только высоким уровнем социального признания результатов проектной деятельности, но и распространением моделей самого социального взаимодействия (партнёрства), как механизма интеграции ресурсов отдельных коллективов. Для данного уровня также характерно наличие документов, регламентирующих взаимодействие, либо принципиальных договорённостей. Кроме того, на данном уровне наблюдается взаимовлияние участников взаимодействия (а не одностороннее влияние). Иначе говоря, происходит не только

повышение социально-профессиональной компетентности работников во всех взаимодействующих коллективах, но и обмен опытом управления и организации проектной деятельности на уровне самих коллективов (социумов).

Высший уровень отличается от очень высокого тем, что он характеризуется перманентным расширением социальной среды, т.е. постоянным включением во взаимодействие новых коллективов. Безусловно, включение в социальное взаимодействие новых коллективов (а также отдельных работников) имеет место и для предыдущих уровней, но оно не носит перманентного (систематического, а не эпизодического) характера.

Достоинства социально-экономического взаимодействия особенно видны на примере взаимодействия научных коллективов, для успешного выполнения исследовательских проектов, получения новых научных результатов.

Заключение. Диагностика взаимодействия коллективов (её научная основа – модели такого взаимодействия) – неотъемлемая составляющая социально-экономического мониторинга в условиях информационного общества в любой сфере человеческой деятельности.

Литература:

1. Бондарева Ю.Е. Моделирование структуры источников финансирования инновационных проектов в России // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 12. – С. 263–272.
2. Ворошилова И.С. Зрелость социально-педагогических систем / И.С. Ворошилова, М.Л. Романова, З.А. Батчаева, Г.П. Кувшинова, З.Н. Чеккуева // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2015. – № 11. – С. 249–265.
3. Ворошилова И.С. Модели профессиональной надёжности педагога / И.С. Ворошилова, Т.В. Тихомирова, Н.А. Синельникова, М.Л. Романова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 9 (115). – С. 14–18.
4. Вязанкова В.В. Формирование информационной культуры личности студентов в структуре управления образовательным процессом / В.В. Вязанкова, З.А. Маушева, М.Л. Романова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 1 (59). – С. 22–28.
5. Изотова Л.Е. Модели факторов риска недостаточной образованности / Л.Е. Изотова, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 4 (110). – С. 56–59.
6. Киселева Е.С. Образовательный процесс в информационно-вероятностной интерпретации / Е.С. Киселева, Л.Н. Караванская, М.Л. Романова, Р.В. Терюха // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 2 (96). – С. 72–77.
7. Полянский А.В. Педагогический эксперимент в физическом воспитании студентов / А.В. Полянский, Д.А. Романов, Е.Ю. Лукьяненко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 4. – С. 55–60.
8. Романов Д.А. Современные модели толерантности обучающихся / Д.А. Романов, И.Ю. Глухенький, Р.В. Терюха // Среднее профессиональное образование. – 2013. – № 12. – С. 28–30.
9. Романов Д.А. Математические модели формирования личностно-профессиональных качеств студентов / Д.А. Романов, А.А. Ковтун, Е.С. Киселёва, Л.Н. Караванская // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 3. – С. 106–120.
10. Романова М.Л. Отражение научного знания в содержании вузовского образования // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 3. – С. 372–393.
11. Сутокский В.Г. Формирование физической культуры личности студентов технического колледжа / В.Г. Сутокский, Д.А. Романов, Т.В. Тихомирова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 6. – С. 74–80.
12. Шабельников А.Н. Управление разработкой инновационных проектов / А.Н. Шабельников, Я.М. Гибнер // Общество: политика, экономика, право. – 2016. – № 1. – С. 27–30.
13. Шапошникова Т.Л. Диагностика толерантности в структуре мониторинга личностно-профессионального развития студента / Т.Л. Шапошникова, М.Л. Романова, А.Е. Федюн // Среднее профессиональное образование. – 2013. – № 12. – С. 26–28.
14. Шапошникова Т.Л. Диагностика сформированности компетенций / Т.Л. Шапошникова, В.Г. Миненко, К.В. Хорошун, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 3 (121). – С. 180–184.
15. Шлюбуль Е.Ю. Квалиметрическая оценка дисциплинированности студентов вуза / Е.Ю. Шлюбуль, Н.А. Синельникова, М.Л. Романова, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – № 7 (89). – С. 145–150.

16. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L., Hlopova T.P. and Tarasenko N.A. Interrelation of Tolerance Formation and Social Experience: *Life Science Journal*, 10 (12s), 2013. – pp. 158–162.
17. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L. and Tarasenko N.A. Conditions to Inculcate Tolerance in Students: *Life Science Journal*, 10 (11s), 2013. – pp. 325–330.
18. Sutherland J. *Scrum: the Art of Doing Twice the Work in Half the Time*. – New York: Crown Business, 2017. – 275 p.

References:

1. Bondareva Yu.E. Modeling of structure of sources of financing of innovative projects in Russia // *Scientific works of the Kuban state technological university*. – 2015. – No. 12. – P. 263–272.
2. Voroshilova I.S. Maturity of social and pedagogical systems / I.S. Voroshilova, M.L. Romanova, Z.A. Batchayeva, G.P. Kuvshinova, Z.N. Chekkuyeva // *Scientific works of the Kuban state technological university*. – 2015. – No. 11. – P. 249–265.
3. Voroshilova I.S. of Model of professional reliability of the teacher(s) / I.S. Voroshilova, T.V. Tikhomirova, N.A. Sinelnikova, M.L. Romanova // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2014. – No. 9 (115). – P. 14–18.
4. Vyazankova V.V. Formation of information culture of the identity of students in structure of management of educational process / V.V. Vyazankov, Z.A. Maushev, M.L. Rohm-is new // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2010. – No. 1 (59). – P. 22–28.
5. Izotova L.E. Models of risk factors of insufficient education / L.E. Izotova, D.A. Romanov // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2014. – No. 4 (110). – P. 56–59.
6. Kiselyova E.S. Educational process in information and probabilistic interpretation / E.S. Kiselyova, L.N. Karavanskaya, M.L. Romanova, R.V. Teryukh // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2013. – No. 2 (96). – P. 72–77.
7. Polyansky A.V. A pedagogical experiment in physical training of students / A.V. Polyansky, D.A. Romanov, E.Yu. Lukyanenko // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2008. – No. 4. – P. 55–60.
8. Romanov D.A. Modern models of tolerance of students / D.A. Romanov, I.Yu. Glukhenky, R.V. Teryukh // *Secondary professional education*. – 2013. – No. 12. – P. 28–30.
9. Romanov D.A. Mathematical models of formation of personal and professional qualities of students / D.A. Romanov, A.A. Kovtun, E.S. Kiselyova, L.N. Karavanskaya // *Scientific works of the Kuban state technological university*. – 2014. – No. 3. – P. 106–120.
10. Romanova M.L. Reflection of scientific knowledge in the content of high school education // *Scientific works of the Kuban state technological university*. – 2016. – No. 3. – P. 372–393.
11. Sutoksky V.G. Formation of physical culture of the identity of students of technical college / V.G. Sutoksky, D.A. Romanov, T.V. Tikhomirova // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2009. – No. 6. – P. 74–80.
12. Shabelnikov A.N. Management of development of innovative projects / A.N. Shabelnikov, Ya.M. Gibner // *Society: policy, economy, right*. – 2016. – No. 1. – P. 27–30.
13. Shaposhnikova T.L. Diagnostics of tolerance in structure of monitoring of personal and professional development of the student / T.L. Shaposhnikova, M.L. Romanova, A.E. Fedyun // *Secondary professional education*. – 2013. – No. 12. – P. 26–28.
14. Shaposhnikova T.L. Diagnostics of formation of competences / T. L. Shaposhnikova, V.G. Minenko, K.V. Horoshun, D.A. Romanov // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2015. – No. 3 (121). – P. 180–184.
15. Shlyubul E.Yu. Qualimetric assessment of discipline of students of higher education institution / E.Yu. Shlyubul, N.A. Sinelnikova, M.L. Romanova, D.A. Romanov // *Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft*. – 2012. – No. 7 (89). – P. 145–150.
16. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L., Hlopova T.P. and Tarasenko N.A. Interrelation of Tolerance Formation and Social Experience: *Life Science Journal*, 10 (12s), 2013. – pp. 158–162.
17. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L. and Tarasenko N.A. Conditions to Inculcate Tolerance in Students: *Life Science Journal*, 10 (11s), 2013. – pp. 325–330.
18. Sutherland J. *Scrum: the Art of Doing Twice the Work in Half the Time*. – New York: Crown Business, 2017. – 275 p.

УДК 34

**ОПК И СИСТЕМА ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ:
НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ВОЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВА**

**DEFENSE AND MILITARY EDUCATION SYSTEM:
AN INTEGRAL PART OF THE MILITARY ORGANIZATION OF THE STATE**

Медведев Валерий Иванович

кандидат исторических наук, доцент,
заместитель начальника училища
по учебной и научной работе,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков

Аннотация. В статье проведен обзор оборонно-промышленного комплекса России его предназначение, структура и задачи. Рассмотрена взаимосвязь оборонно-промышленного комплекса с военным образованием и уровнем подготовки военных специалистов МО РФ.

Ключевые слова: оборонно-промышленный комплекс, военная экономика, вооружение и военная техника, военное образование, военные специалисты.

Medvedev Valerij Ivanovich

candidate of historical sciences,
Associate professor,
Deputy head of the Institute
for academic and scientific work,
Krasnodar Air Force Institute for Pilots

Annotation. The article provides an overview of the Russian defense industry complex its purpose, structure and objectives. The interrelation of the military-industrial complex with military education and the level of training of military specialists of the Ministry of defense of Russia is considered.

Keywords: military-industrial complex, military economy, weapons and military equipment, military education, military specialists.

«Россия должна быть среди государств-лидеров,
а по некоторым направлениям – абсолютным лидером
в строительстве армии нового поколения,
армии эпохи нового технологического уклада»

*Министр обороны Российской Федерации
генерал армии С.К. Шойгу*

В структуре военно-экономического потенциала РФ особое место принадлежит оборонно-промышленному комплексу (ОПК).

Исторический опыт войн и локальных военных конфликтов убедительно подтвердил зависимость хода и исхода боевых действий от экономики страны. Чем выше уровень экономического развития, тем больше возможностей у государства по оснащению войск совершенным вооружением, военной и специальной техникой (ВВСТ), подготовке военных специалистов в образовательных учреждениях Министерство обороны РФ, проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

В диалектике взаимодействия войны, военного образования и экономики возникает и развивается военная экономика – специфический хозяйственный организм, обслуживающий создание и функционирование военной силы государства [1].

Структура военной экономики состоит из двух подсистем: оборонно-промышленного комплекса и экономики Вооруженных Сил. Наиважнейшим элементом военной экономики является именно ОПК.

Несмотря на непрерывное повышение значения оборонной промышленности, высокую цитируемость ОПК как такового, само понятие «оборонно-промышленный комплекс» в России, как ни странно, четко в юридических документах не определено. К примеру, если взять Военную доктрину РФ утвержденную 25 декабря 2014 года, то и в ней речь идет исключительно о задачах развития ОПК.

Анализ современных публикаций свидетельствует о том, что в настоящее время среди российских ученых, практиков, представителей органов власти отсутствует единая трактовка понятия «оборонно-промышленный комплекс». Среди многих существующих определений хотелось бы привести следующее: оборонно-промышленный

комплекс представляет собой совокупность научно-исследовательских, проектно-конструкторских, испытательных организаций и производственных предприятий, выполняющих разработку и производство военной и специальной техники, амуниции, боеприпасов и т.п. для государственных силовых структур и на экспорт, а также гражданской продукции в рамках конверсии (рис. 1) [2].

С одной стороны, ОПК можно рассматривать как подсистему военной экономики, занимающейся разработкой и внедрением научно-технического обеспечения военного производства; производством и поставкой военной продукции, сбытом военной техники и вооружений на мировом рынке вооружений; оказание услуг по ремонту и обслуживанию военной техники, подготовке, переподготовке, повышению квалификации военных кадров и гражданского персонала.

С другой стороны, представляя масштаб поставленных государством больших задач по модернизации национальной экономики и решаемых, в том числе с помощью потенциала оборонно-промышленного комплекса, можно рассматривать ОПК как отрасль национального хозяйства.

Российский оборонно-промышленный комплекс имеет длительную историю и богатые традиции. Созданию и развитию промышленных предприятий, специализировавшихся на выпуске продукции для вооруженных сил, в нашей стране всегда уделялось исключительное внимание.

На современном этапе развития России не надо забывать о возрастающей роли военного образования, которое определяется задачами ее перехода к демократическому и правовому государству, к рыночной экономике необходимостью преодоления опасности отставания страны от мировых тенденций экономического и общественного развития.



Рисунок 1 – Структура ОПК России

Хотелось обратить внимание на особо важное направление, связь ОПК с военным образованием, так как требования к эксплуатации и боевому применению разрабатываемых образцов ВВТ возрастает в связи с ее модернизацией и переходом на современную элементную базу, поэтому повышаются требования к уровню подготовки военных специалистов в вузах МО РФ.

Основные принципы образовательной политики России определены в Национальной доктрине образования Российской Федерации до 2025 года и получили свое закрепление в Федеральных законах Российской Федерации «Об образовании» и «О высшем и послевузовском профессиональном образовании».

Подготовка квалифицированных военных кадров и развитие системы военного образования являются приоритетными задачами Министерства обороны России и важнейшими направлениями деятельности для обеспечения обороноспособности нашего государства.

В настоящее время система военного образования – это отлаженный и эффективно работающий механизм, задачей которого является подготовка, профессиональная переподготовка и повышение квалификации военных кадров. Следовательно, развитие военного образования должно рассматриваться как стратегический фактор взаимодействия с ОПК России.

Очевидно, что военная организация общества, его Вооруженные Силы объективно необходимы. Столь же верно и то, что любая сфера занятости людей опирается на соответствующую экономическую и образовательную базу. Для обороны государства Вооруженные Силы в качестве материального фундамента имеют военную экономику и военное образование [3].

В этом направлении уже сделаны первые шаги – слушатели и курсанты военно-учебных заведений переведены на обучение по электронным учебным изданиям, что позволило активизировать образовательный процесс и повысить его эффективность.

На основании утвержденного Министром обороны Российской Федерации единого стандарта вузовскими коллективами разработаны и оцифрованы свыше 12,5 тысяч учебников и учебных пособий. Внедрены базовые электронные учебники по 40 общим для всех вузов дисциплинам.

Электронные учебные издания отличает современное интерактивное и мультимедийное сопровождение, возможность проводить самоконтроль и оценивать знания обучающихся [3].

Дальнейшее развитие электронной информационной образовательной среды направлено на расширение ее возможностей и обеспечение доступности военным служащим как в период обучения в вузе, так и во время службы в войсках.

В этих целях предусмотрено создание закрытых сегментов электронных изданий, наполнение электронной библиотеки ресурсами научно-исследовательских организаций, расширение взаимодействия ресурсов военно-учебных заведений и профильных гражданских вузов.

Спланировано подключение к единой информационной образовательной среде всех воинских частей для предоставления военным служащим, независимо от места прохождения военной службы, возможности использовать образовательные ресурсы в интересах повышения уровня профессиональных знаний, постоянного поддержания контакта с ведущими кафедрами и обеспечения непрерывной профессиональной подготовки в течение всего периода военной службы [3].

Вместе с этим к военному образованию сегодня предъявляются все более высокие требования. К числу таких требований относятся - требования повышения уровня профессиональной подготовки будущих офицеров на базе применения в вузах современных интерактивных технологий обучения, позволяющих активизировать образовательные процессы и развивать аксиологические устойчивые формы мышления курсантов. Именно поэтому, сегодня роль системы военного образования в развитии общества многократно возрастает.

В рамках развития системы военного образования и перевооружения Российской армии Министерство обороны России особое внимание уделяет комплексной модернизации инфраструктуры и учебно-материальной базы военно-учебных заведений (рис. 2).

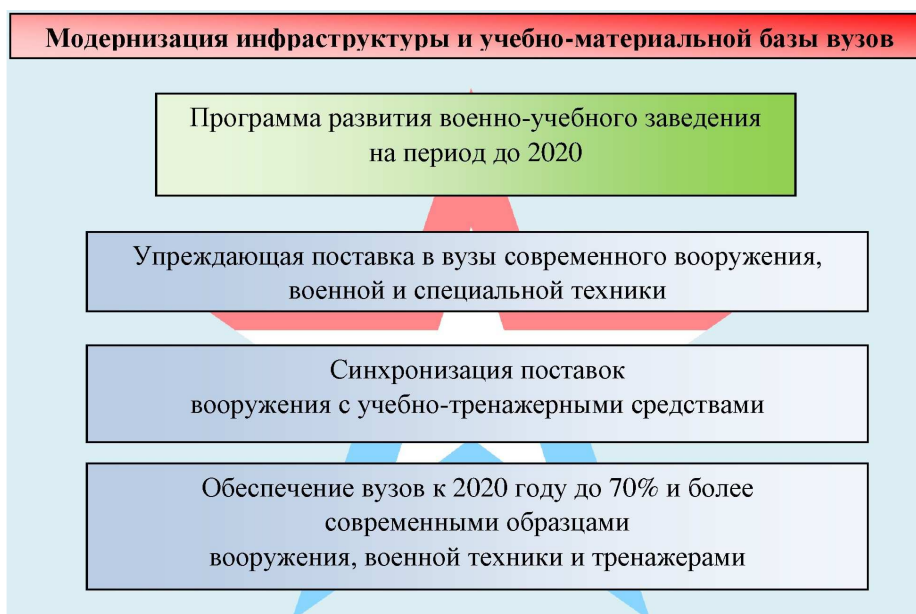


Рисунок 2 – Модернизация инфраструктуры и учебно-материальной базы вузов

В этих целях Министром обороны Российской Федерации утверждены программы развития каждого военно-учебного заведения на период до 2020 года, которые взаимоувязаны с Государственной программой вооружений и Государственным оборонным заказом [3].

Повышение уровня профессиональных компетенций преподавательского состава военно-учебных заведений одна из главных задач военных вузов. Педагог военного вуза должен быть не только хорошим ученым и методистом, но и войсковым практиком, который может передать слушателям и курсантам свой опыт, научить их грамотно руководить подчиненными и выполнять боевые и учебно-боевые задачи, эффективно применять и правильно эксплуатировать сложнейшее вооружение и военную технику.

Широко внедряемое привлечение военных педагогов к мероприятиям повседневной, боевой, оперативной подготовки войск и ознакомлением с боевым опытом применения ВС РФ за пределами Российской Федерации, испытаниям новых образцов вооружения и военной техники показало ее высокую эффективность.

Разработка и практическая апробация в реальных условиях новых форм и способов ведения боевых действий, а также опыт эксплуатации и применения поступающего в войска вооружения и военной техники ставят перед военным образованием задачу оперативного внедрения полученных результатов в образовательную деятельность [3].

Таким образом, функционируя в едином образовательном пространстве Российской Федерации, ОПК и система военного образования МО РФ является неотъемлемой частью военной организации государства и находится на страже интересов своего Отечества.

Литература:

1. Воробьев В.В., Пожаров А.И., Ермаков С.М. Военная экономика : учебник. – М. : Воениздат, 2003. – С. 12.
2. Военная экономика : учебник для высших военно-учебных заведений / под.ред. В.П. Хорева. – М. : ВУ, 2015. – 2-е изд. допол. и перераб. – 352 с.
3. Горемыкин В.П. Военное образование: цель – на развитие // Вестник военного образования. Рубрика: Главная тема. – Опубликовано: 05.02.2017 г. – URL : www.vvo.milportal.ru

References:

1. Vorob'ev V.V., Pozharov A.I., Ermakov S.M. Military economy : textbook. – M. : Voyenizdat, 2003. – С. 12.
2. Military economy: the textbook for the highest military schools / under. edition of V.P. Horev. – M. : VU, 2015. – 2nd prod. and reslave. – 352 p.
3. Goremykin V.P. Military education: the purpose – on development // the Messenger of military education. Heading: Main subject. – It is published: 2/5/2017 – URL : www.vvo.milportal.ru

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБРАЗОВАНИИ**



**INNOVATIVE TECHNOLOGIES
IN EDUCATION**

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

MODERN ASSESSMENT METHOD OF BEINGS CRITICAL THINKING

Романова Марина Леонидовна

кандидат педагогических наук, доцент,
доцент кафедры физики,
Кубанский государственный
технологический университет

Савченко Владислав Геннадьевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Мишков Даниил Андреевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Кононенко Дмитрий Игоревич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Бевз Екатерина Александровна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Березина Анастасия Игоревна

студент,
Кубанский государственный
технологический университет

Аннотация. Известно, что критическое мышление – способ мышления, при котором человек ставит под сомнение поступающую информацию, а также собственные убеждения; переход к критическому уровню мышления в определённом обществе – предпосылка для начала его развития. Кроме того, компетентностный подход ориентирует образовательный процесс на формирование личностных качеств обучающихся, в том числе их критического мышления. Авторы выделили и охарактеризовали интегративные уровни критического мышления обучающихся, обосновали его роль в развитии будущего конкурентоспособного инженера.

Ключевые слова: критическое мышление, модель, метод, диагностика, уровни.

Romanova Marina Leonidovna

Candidate of pedagogical sciences,
Associate professor,
Associate professor of physics,
Kuban state technological university

Savchenko Vladislav Gennadyevich

Student,
Kuban state technological university

Mishkov Daniil Andreevich

Student,
Kuban state technological university

Kononenko Dmitry Igorevich

Student,
Kuban state technological university

Bevz Ekaterina Alexandrovna

Student,
Kuban state technological university

Berezina Anastasia Igorevna

Student,
Kuban state technological university

Annotation. It is known that critical thinking is a way of thinking in which a person questions the incoming information, as well as his own beliefs; the transition to a critical level of thinking in a certain society is a prerequisite for the beginning of its development. In addition, the competence approach orients the educational process to the formation of personal qualities of students, including their critical thinking. The authors identified and characterized the integrative levels of critical thinking of students, justified its role in the development of the future competitive engineer.

Keywords: critical thinking, model, method, assessment, levels.

Введение

В настоящее время очевидно: современное общество требует профессионалов, которые являются не просто грамотными исполнителями, а творческими личностями, готовыми к постоянному личностно-профессиональному росту, поиску новых путей решения всевозможных задач, способными ориентироваться в любой, даже незнакомой, ситуации. Роль образования (особенно высшего), с учётом требований компетентностного подхода, заключается не в том, чтобы вооружить обучающегося системой

полезных знаний и умений (которые быстро устаревают в условиях «информационного взрыва»), а чтобы помочь обучающемуся состояться как субъекту культуры, сформировать у него систему мышления, которая позволила бы ему ориентироваться в динамичном мире [1–14].

Такой системой мышления с полным основанием можно считать критическое мышление. Известно, что критическое мышление – способ умственной деятельности, при котором человек ставит под сомнение поступающую информацию, а также собственные убеждения; переход к критическому уровню мышления в определённом обществе – предпосылка для начала его развития [2, 5, 7–14].

Иначе говоря, критическое мышление – система суждений, которая используется для анализа вещей и событий с формулированием обоснованных выводов и позволяет выносить обоснованные оценки, интерпретации, а также корректно применять полученные результаты к ситуациям и проблемам. Главная особенность критического мышления – оценочность, т.е. стремление оценивать поступающую информацию. Как справедливо отмечают современные специалисты (в работе [8]), критическое мышление одинаково противоположно как критиканству, так и слепому «принятию всего на веру».

В узком смысле критическое мышление означает корректную оценку утверждений, характеризуется как «мышление о мышлении». Согласно современным воззрениям, критическое мышление – разумное рефлексивное мышление, направленное на принятие решения, чему доверять и что делать. Иначе говоря, критическое мышление – интеллектуально упорядоченный процесс активного и умелого анализа, концептуализации, применения, синтезирования и оценки информации, полученной или порождённой наблюдением, опытом, размышлением или коммуникацией, как ориентир для убеждения и действия.

Современные специалисты также подразделяют критическое мышления на слабое и сильное. Критическое мышление в слабом смысле – мышление высококвалифицированного, но имеющего эгоистичную мотивацию псевдоинтеллектуала, занятого собственным благом и не думающего об этических последствиях своих действий; носитель такого мышления применяет свои знания для следования несправедливым и эгоистичным целям. Критическое мышление в сильном смысле – мышление личности, проникающей в логику проблем с целью их объективного изучения без эгоцентрического или социоцентрического уклона (направлено на чистосердечное преодоление препятствий на пути к истине).

Критическое мышление рассматривают как использование таких методов познания, которые отличаются контролируемостью, обоснованностью и целенаправленностью, увеличивают вероятность получения желаемого конечного результата [2, 5, 7–14]. Эти методы используются при решении задач, формулировании выводов, вероятностной оценке и принятии решений, требуют навыков, которые обоснованы и эффективны для конкретной ситуации и типа решаемой задачи. Для критического мышления характерно построение логических умозаключений, создание согласованных между собой логических моделей и принятие обоснованных решений, касающихся того, отклонить какое-либо суждение, согласиться с ним или временно отложить его рассмотрение. Все эти определения подразумевают психическую активность, которая должна быть направлена на решение конкретной когнитивной задачи. Набор ключевых навыков, необходимых для критического мышления, включает в себя наблюдательность, способность к интерпретации, анализу, выведению заключений, способность давать оценки. Критическое мышление применяет логику, а также опирается на метазнание и широкие критерии интеллектуальности, такие как ясность, правдоподобие, точность, значимость, глубина, кругозор и справедливость; творческое воображение и ценностные установки также являются компонентами критического мышления. Критическое мышление принципиально важно в современном мире: огромные потоки информации (нередко противоречивой) требуют их оценки индивидом. Индивид не может быть специалистом во всех сферах и областях. Безусловно, в той области, где индивид является специалистом, его невозможно обмануть. Например, любой специалист в области современной техники знает, что доброкачественный гироскутер не может стоить дешевле 15000 рублей (по меркам 2018 года). Но для ориентирования в незнакомых ситуациях критическое мышление принципиально необходимо.

Критическое мышление – предпосылка для формирования многих социально значимых компетенций и личностно-профессиональных качеств, таких как социальная компетентность, толерантность, коммуникативная компетентность, информационная культура личности, физическая культура личности и т.д. Например, индивид, обладающий критическим мышлением в сочетании с должным уровнем индивидуального социального опыта, не будет воспринимать информацию, призывающую к розни, насилию и экстремизму, а это – необходимое условие становления толерантности [4, 5, 9, 13, 14]. Или, например, индивид, обладающий критическим мышлением, предпочтёт вести здоровый образ жизни, даже в случае ближайшего социального окружения, не ведущего его [3, 6, 9, 11].

В настоящее время разработан инструментарий (психологические тесты [8]), позволяющий количественно оценивать уровень критического мышления у индивида, однако по-прежнему не выделены и не охарактеризованы интегративные уровни его сформированности. Проблема исследования – вопрос: каковы уровни сформированности критического мышления и в чём их отличие друг от друга? Цель исследования – разработка интегративного метода диагностики критического мышления.

Результаты исследования. С точки зрения авторов, возможные уровни сформированности критического мышления следующие: низший, низкий, средний, выше среднего, высокий, очень высокий и высший.

Низший уровень характеризуется почти полным отсутствием оценочности в восприятии поступающей информации: индивид или «слепо принимает на веру» поступающую информацию, или априори отвергает её. Иначе говоря, отношение индивида к поступающей информации зависит не от самой информации, а от её источника. Для индивида характерен максимализм, им не учитывается многоаспектность (многогранность) объектов и явлений реального мира. Также индивид слабо накапливает опыт жизнедеятельности, нередко «наступает на одни и те же грабли».

Низкий уровень критического мышления характеризуется тем, что индивид начинает оценивать поступающую информацию, подвергать её логическому анализу, однако не делает верные выводы; направленность на оценку поступающей информации не носит устойчивый характер. При оценке поступающей информации индивид не всегда руководствуется объективными критериями, имеет место «переход на личности». Тем не менее, индивид накапливает опыт, стремится избегать ошибок.

Средний уровень характеризуется устойчивым стремлением личности оценивать поступающую информацию, однако не всегда оценка объективна, опирается на логический анализ и жизненный опыт, не всегда делаются верные выводы и принимаются верные решения. Анализ поступающей информации становится многоаспектным, наблюдается уход от односторонности, однозначности и максимализма. Для критического мышления преимущественно характерен слабый смысл, т.е. индивид оценивает информацию в основном ради «собственной пользы».

Для уровня «выше среднего» характерна связь между становлением критического мышления и компетенций (личностно-профессиональных качеств); накапливаемый опыт становится фактором (базой) для развития критического мышления. Критическое мышление позволяет индивиду ориентироваться во многих знакомых и незнакомых ситуациях; происходит устойчивое накопление индивидом базы знаний о проанализированных ситуациях, с целью дальнейшей более эффективной умственной деятельности (жизнедеятельности). Индивида достаточно трудно обмануть; особенно низка вероятность его обмануть, если он имеет представление о той или иной ситуации.

Высокий уровень характеризуется тем, что критическое мышление устойчиво приобретает сильный смысл, т.е. индивид проникает в логику проблем с целью их объективного изучения. Безусловно, подобное имеет место и для предыдущих уровней (особенно «выше среднего»), но «поиск объективной истины» не является систематическим процессом.

Очень высокий уровень характеризуется тем, что критическое мышление становится ведущим фактором становления социально значимых компетенций и личностно-профессиональных качеств (социальной компетентности, толерантности и т.д.), т.к. оно сформировано устойчиво (для предыдущих уровней развитие качеств и компетенций было фактором становления критического мышления).

Высший уровень критического мышления отличается от предыдущего тем, что индивид стремится помочь другим его сформировать (точнее, ориентирует других индивидов на оценочность в восприятии информации, т.к. сам обладает высоким уровнем социальной ответственности).

Следует отметить, что формирование критического мышления, как и многих других компетенций – трансдисциплинарный процесс. В условиях реализации компетентностного подхода формирование критического мышления студентов должно быть обязательной составляющей формирования культуры мышления.

Заключение. Выделенные уровни критического мышления основаны на модельных представлениях о нём. Перспективы исследования – создание информационно-вероятностных моделей развития критического мышления в трансдисциплинарном образовательном процессе [2].

Литература:

1. Вязанкова В.В. Формирование информационной культуры личности студентов в структуре управления образовательным процессом / В.В. Вязанкова, З.А. Маушева, М.Л. Романова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 1 (59). – С. 22–28.
2. Киселева Е.С. Образовательный процесс в информационно-вероятностной интерпретации / Е.С. Киселева, Л.Н. Караванская, М.Л. Романова, Р.В. Терюха // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 2 (96). – С. 72–77.
3. Полянский А.В. Педагогический эксперимент в физическом воспитании студентов / А.В. Полянский, Д.А. Романов, Е.Ю. Лукьяненко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 4. – С. 55–60.
4. Романов Д.А. Современные модели толерантности обучающихся / Д.А. Романов, И.Ю. Глухенький, Р.В. Терюха // Среднее профессиональное образование. – 2013. – № 12. – С. 28–30.
5. Романов Д.А. Математические модели формирования личностно-профессиональных качеств студентов / Д.А. Романов, А.А. Ковтун, Е.С. Киселёва, Л.Н. Караванская // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2014. – № 3. – С. 106–120.
6. Сутокский В.Г. Формирование физической культуры личности студентов технического колледжа / В.Г. Сутокский, Д.А. Романов, Т.В. Тихомирова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 6. – С. 74–80.
7. Халперн Д. Психология критического мышления. – СПб. : Питер, 2000. – 512 с.
8. Цукерман Г.А. Диагностика критического мышления / Г.А. Цукерман, О.В. Митина // Вопросы психологии. – 2015. – № 3. – С. 15–30.
9. Шапошникова Т.Л. Диагностика толерантности в структуре мониторинга личностно-профессионального развития студента / Т.Л. Шапошникова, М.Л. Романова, А.Е. Федюн // Среднее профессиональное образование. – 2013. – № 12. – С. 26–28.
10. Шапошникова Т.Л. Диагностика сформированности компетенций / Т.Л. Шапошникова, В.Г. Миненко, К.В. Хорошун, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 3 (121). – С. 180–184.
11. Шлюбуль Е.Ю. Квалиметрическая оценка дисциплинированности студентов вуза / Е.Ю. Шлюбуль, Н.А. Синельникова, М.Л. Романова, Д.А. Романов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2012. – № 7 (89). – С. 145–150.
12. Elliott C., Turnbull S. Critical Thinking in Human Resource Development. – Routledge, 2005. – 210 с.
13. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L., Hlopova T.P. and Tarasenko N.A. Interrelation of Tolerance Formation and Social Experience: Life Science Journal, 10 (12s), 2013. – pp. 158–162.
14. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L. and Tarasenko N.A. Conditions to Inculcate Tolerance in Students: Life Science Journal, 10 (11s), 2013. – pp. 325–330.

References:

1. Vyazankova V.V. Formation of information culture of the identity of students in structure of management of educational process / V.V. Vyazankov, Z.A. Maushev, M.L. Rohm-is new // Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft. – 2010. – No. 1 (59). – P. 22–28.
2. Kiselyova E.S. Educational process in information and probabilistic interpretation / E.S. Kiselyova, L.N. Karavanskaya, M.L. Romanova, R.V. Teryukh // Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft. – 2013. – No. 2 (96). – P. 72–77.
3. Polyansky A.V. A pedagogical experiment in physical training of students / A.V. Polyansky, D.A. Romanov, E.Yu. Lukyanenko//Scientists of a note of the university of P.F. Les-gaft. – 2008. – No. 4. – P. 55–60.

4. Novels by D.A. Modern models of tolerance of students / D.A. Romanov, I.Yu. Glukhenky, R.V. Teryukh // Secondary professional education. – 2013. – No. 12. – P. 28–30.
5. Romanov D.A. Mathematical models of formation of personal and professional qualities of students / D.A. Romanov, A.A. Kovtun, E.S. Kiselyova, L.N. Karavanskaya // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2014. – No. 3. – P. 106–120.
6. Sutoxiy V.G. Formation of physical culture of the identity of students of technical college / V.G. Sutoxiy, D.A. Romanov, T.V. Tikhomirova // Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft. – 2009. – No. 6. – P. 74–80.
7. Halpern D. Psychology of critical thinking. – SPb. : St. Petersburg, 2000. – 512 p.
8. Zuckerman G.A. Diagnostics of critical thinking / G.A. Zuckerman, O.V. Mitina // psychology Questions. – 2015. – No. 3. – P. 15–30.
9. Shaposhnikova T.L. Diagnostics of tolerance in structure of monitoring of personal and professional development of the student / T.L. Shaposhnikova, M.L. Romanova, A.E. Fedyun // Secondary professional education. – 2013. – No. 12. – P. 26–28.
10. Shaposhnikova T.L. Diagnostics of formation of competences / T. L. Shaposhnikova, V.G. Minenko, K.V. Horoshun, D.A. Romanov // Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft. – 2015. – No. 3 (121). – P. 180–184.
11. Shlyubul E.Yu. Qualimetric assessment of discipline of students of higher education institution / E.Yu. Shlyubul, N.A. Sinelnikova, M.L. Romanova, D.A. Romanov // Scientists of a note of the university of P.F. Lesgaft. – 2012. – No. 7 (89). – P. 145–150.
12. Elliott C., Turnbull S. Critical Thinking in Human Resource Development. – Routledge, 2005. – 210 c.
13. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L., Hlopova T.P. and Tarasenko N.A. Interrelation of Tolerance Formation and Social Experience: Life Science Journal, 10 (12s), 2013. – pp. 158–162.
14. Shaposhnikova T.L., Romanova M.L. and Tarasenko N.A. Conditions to Inculcate Tolerance in Students: Life Science Journal, 10 (11s), 2013. – pp. 325–330.

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 2018 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

НАУЧНЫЙ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ЖУРНАЛ
НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ
(политехнический вестник)

2018, № 2

SCIENTIFIC MULTIDISCIPLINARY MAGAZINE

SCIENCE. ENGINEERING. TECHNOLOGY

(polytechnical bulletin)

2018, № 2

www.id-yug.com

Редактор — А.С. Семенов

Editor — A.S. Semenov

Оригинал-макет — Н.Р. Исаян

Dummy — N.R. Isayan

Дизайн обложки — Н.Р. Исаян

Design of a cover — N.R. Isayan

Сдано в набор 09.07.2018.
Подписано в печать 13.07.2018.
Формат 60 x 84¹/₈.
Бумага офсетная.
Печать riso.
Уч.-изд. л. 19,2.
Тираж 500 экз.

It is handed over in a set 09.07.2018.
It is sent for the press 13.07.2018.
Format 60 x 84¹/₈.
Offset paper.
Riso press.
Ed.-prod. l. 19,2.
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 № 1925

Order No. 1925

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