

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КубГТУ»)

Институт «Нефти, газа и энергетики»,
кафедра «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»

ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ ТЭК РОССИИ

**Материалы
Всероссийской научно-практической конференции**

(03 июня 2021 года)

Сборник статей

Краснодар
2021

УДК 62-4/-9/622+553+66+377/378

ББК 33.36+31.15/31.2+35.50/35.61+26.30/26.34+74.4

В 26

В 26 Векторы развития ТЭК России : материалы Всероссийской научно-практической конференции (03 июня 2021 года). Сборник статей / ФГБОУ ВО «Кубан. гос. технол. ун-т»; Институт «Нефти, газа и энергетики», кафедра «Оборудование нефтяных и газовых промыслов». – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – 2021. – 126 с.
ISBN 978-5-91718-673-3

Настоящее издание содержит научные статьи участников Всероссийской научно-практической конференции «Векторы развития ТЭК России», организованной Кубанским государственным технологическим университетом на базе кафедры «Оборудования нефтяных и газовых промыслов» института «Нефти, газа и энергетики» 03 июня 2021 года.

Статьи участников посвящены фундаментальным основам для создания новых технологий разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений, добычи, транспортировки, переработки и хранения углеводородного сырья, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, результатам исследовательских и научно-прикладных работ по широкому кругу вопросов, а также актуальным вопросам и проблемам освоения углеводородного потенциала России.

Адресуется научным и практическим работникам, преподавателям, аспирантам и студентам.

ББК 33.36+31.15/31.2+35.50/35.61+26.30/26.34+74.4

УДК 62-4/-9/622+553+66+377/378

ISBN 978-5-91718-673-3

© Коллектив авторов, 2021

© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021

© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Величко Е.И., Иноземцев Д.А., Музыкантова А.В. Анализ и классификация резервуарных емкостей при транспорте и хранении нефти и нефтепродуктов	8
Velichko Y.I., Inozemtsev D.A., Muzykantova A.V. Analysis and classification of tank tanks in the transport and storage of oil and petroleum products	
Величко Е.И., Иноземцев Д.А., Музыкантова А.В. Причины появления и развития дефектов опорных элементов газотурбинных приводов ГПА, возможные методы контроля	12
Velichko Y.I., Inozemtsev D.A., Muzykantova A.V. Causes of the appearance and development of defects in the supporting elements of gas turbine drives of GPA, possible control methods	
Гапоненко А.М., Кочарян Е.В., Колесников Б.П., Шапошников В.В., Арушанян Р.Р. Подход к определению эффективной проводимости перколяционного кластера в неупорядоченных средах	17
Gaponenko A.M., Kocharyan E.V., Kolesnikov B.P., Shaposhnikov V.V., Arushanyan R.R. An approach to determining the effective conductivity of a percolation cluster in disordered media	
Гиляев Г.Г., Ковreshкин Н.А. Положение дел и задач применения призабойной зоны скважины при пескопроявлении	22
Gilaev G.G., Kovreshkin N.A. Status and objectives of application bottomhole zone of the well in case of sand occurrence	
Гиляев Г.Г., Ковreshкин Н.А. Создание скважинных насосов обеспечивающих добычу высоковязких нефтей	28
Gilaev G.G., Kovreshkin N.A. Creation of well pumps for production of highly viscous oil	
Каменских С.В., Уляшева Н.М., Быков И.Ю. Разработка рецептур буровых технологических жидкостей для условий многофакторной геологической осложненности	35
Kamenskikh S.V., Ulyasheva N.M., Bykov I.Y. Development of formulations of drilling process fluids for conditions of multifactorial geological complications	
Карандей В.Ю., Попов Б.К., Попова О.Б., Афанасьев В.Л. Анализ метода геометрического программирования для решения задач оптимизации специальных электрических приводов	40
Karandey V.Yu., Popov B.K., Popova O.B., Afanasiev V.L. Analysis of geometric programming method for solving problems of optimization of special electric drives	

Карандей В.Ю., Попов Б.К., Попова О.Б., Афанасьев В.Л., Анализ решения двойственной задачи метода геометрического программирования для решения задач оптимизации специальных электрических приводов	45
Karandey V.Yu., Popov B.K., Popova O.B., Afanasiev V.L. Analysis of solution of dual problem of geometric programming method for solution of problems of optimization of special electric drives	
Климанова Д.А., Мозговой Г.С., Никитин В.И. Разработка расчетного модуля глушения скважин	50
Klimanova D.A., Mozgovoy G.S., Nikitin V.I. Development of a well killing design module	
Ковалева К.О., Нечаева О.А. Механизмы разрушения аргиллитов и поиск решений по предотвращению их обвалообразований, с помощью механизма тройного ингибирования	54
Kovaleva K.O., Nechaeva O.A. Mechanisms of destruction of mudstones and search for solutions to prevent their collapse, using the triple inhibition mechanism	
Коробейников Б.А., Печенкин А.Г. Формирование многофазного выходного напряжения в трансформаторном устройстве с короткозамкнутой обмоткой и оценка его качества	57
Korobeinikov B.A., Pechenkin A.G. Formation of a multiphase output voltage in a transformer device with a short-circuited winding and evaluation of its quality	
Кочарян Е.В., Шапошников В.В., Гапоненко А.М., Шелест Н.А. Особенности разработки виртуальных тренажеров-симуляторов водогрейных котельных	62
Kocharyan E.V., Shaposhnikov V.V., Gaponenko A.M., Shelest N.A. Features of the development of virtual simulators for hot water boilers	
Ладенко Н.В., Плахотнюк А.Н., Креминский Б.О., Сурков А.С. Включение промежуточного звена в схему энергоснабжения перед ДЭМ	68
Ladenko N.V., Plahotnyk A.N., Kreminskiy B.O., Surkov A.S. Connection of intermediate link to power supply circuit before DEM	
Михеев М.А., Грязев Д.А. Новые технологии для обеспечения безаварийного спуска обсадных колонн в скважинах сложного пространственного профиля	73
Mikheev M.A., Gryazev D.A. New technologies to ensure trouble-free running of casing strings in wells with complex spatial profiles	

Мишуров В.А., Ханджян Л.А., Шиян С.И., Шупенько В.Р. Физико-химические свойства пластовых жидкостей и газов на нефтегазоконденсатном месторождении	77
Mishurov V.A., Khanjyan L.A., Shiyan S.I., Shupenko V.R. Physical and chemical properties of reservoir fluids and gases at an oil and gas condensate field	
Мозговой Г.С., Милькова С.Ю., Кормухин О.В. Составы для ремонтно-изоляционных работ на основе полимерных смол	83
Mozgovoi G.S., Milkova S.Yu., Kormukhin O.V. Compositions for repair and insulation works based on polymer resins	
Мозговой Г.С., Милькова С.Ю., Чурилин Д.С. Оценка возможности восстановления скважин	87
Mozgovoi G.S., Milkova S.Yu., Churilin D.S. Assessment of the possibility of well recovery	
Парфенов К.В., Букин П.Н., Мозговой Г.С. Метод направленной разгрузки пласта	91
Parfenov K.V., Bukin P.N., Mozgovoi G.S. Method of directed unstraining of the formation	
Плахотнюк А.Н., Креминский Б.О., Тибекин И.Э., Сурков А.С. Каскадные соединения преобразовательных ячеек различного типа	96
Plahotnyuk A.N., Kreminskiy B.O., Tibekin I.E., Surkov A.S. Cascade connections of converter cells of various types	
Поляков А.В., Терещенко И.А. Нарушение закона Дарси. Нелинейные законы фильтрации	100
Polyakov A.V., Tereshchenko I.A. Breaking Darcy's law. Nonlinear filtration laws	
Поляков А.В., Терещенко И.А., Приходько М.Г. Дефектоскопия сварных соединений магнитными методами	104
Polyakov A.V., Tereshchenko I.A., Prikhodko M.G. Flaw detection of welded joints by magnetic methods	
Уляшева В.М., Пономарев Н.С., Ветрова О.О. Численное моделирование температурных полей в системах с геотермальным тепловым насосом	108
Ulyasheva V.M., Ponomarev N.S., Vetrova O.O. Numerical modelling of temperature fields in systems with a geothermal heat pump	
Шампуров М.А., Трусков И.С., Шиян С.И., Мишуров В.А. Коллекторские свойства продуктивных пластов Лугинецкого нефтегазоконденсатного месторождения	113
Shampurov M.A., Truskov I.S., Shiyan S.I., Mishurov V.A. Reservoir properties of productive layers of the Luginetsky oil and gas condensate field	

Шупенько В.Р., Ханджян Л.А., Шиян С.И., Трусков И.С., Шампуров М.А.	
Нефтегазоносность Лугинецкого месторождения	120
Shupenko V.R., Khanjyan L.A., Shiyan S.I., Truskov I.S., Shampurov M.A.	
Oil and gas potential of Luginetsky birthplace	

ВВЕДЕНИЕ

03 июня 2021 года ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» на базе кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов» института «Нефти, газа и энергетики» проводил Всероссийскую научно-практическую конференцию «Векторы развития ТЭК России».

Перед конференцией была поставлена важная и крайне актуальная задача: на основе последних достижений науки о Земле, в области механики жидкости и газа, термодинамики, физико-химии и других смежных научных направлений предложить фундаментальные основы для создания новых технологий разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений, добычи, транспортировки, переработки и хранения углеводородного сырья, ресурсосберегающих и экологически чистых технологий. Обсуждались результаты исследовательских и научно-прикладных работ по широкому кругу вопросов, а также актуальные вопросы и проблемы освоения углеводородного потенциала России.

Поиск путей решения поставленной перед конференцией задачи проводился по следующим секциям:

- Энергетика.
- Нефтегазовое дело.
- Вопросы разработки новых научных и образовательных технологий.
- Математическое моделирование природных и технологических процессов.
- Геология и геофизика.

Были представлены также обобщающие доклады, связанные с новыми научными подходами к решению проблем добычи, транспорта, переработки и хранения нефти и газа.

Статьи в настоящем сборнике расположены согласно алфавитному порядку фамилий авторов, представивших свои доклады на конференцию.

В нефтегазовой научно-практической конференции приняли участие ученые ближнего и дальнего зарубежья, сотрудники, аспиранты и студенты технических ВУЗов, работники нефтяных и газовых компаний.

Дирекция института «Нефти, газа и энергетики» и руководство кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» благодарят всех участников Международной научно-практической конференции и авторов, представивших свои статьи в настоящий сборник.

**АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЕРВУАРНЫХ ЕМКОСТЕЙ
ПРИ ТРАНСПОРТЕ И ХРАНЕНИИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF TANK TANKS IN THE TRANSPORT
AND STORAGE OF OIL AND PETROLEUM PRODUCTS**

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В настоящее время одним из основных сооружений нефтебаз являются резервуары, которые предназначены для хранения нефти и нефтепродуктов и производства некоторых технологических операций. В данной статье приведена классификация резервуаров.

Ключевые слова: резервуар, конструкция, понтон, обвалование.

Velichko Yevgeny Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department «Equipment of Oil and Gas Fields»,
Kuban State Technological University

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department «Equipment of Oil and Gas Fields»,
Kuban State Technological University

Muzykantova Anna Viktorovna

Senior Lecturer of the Department «Equipment of Oil and Gas Fields»,
Kuban State Technological University

Annotation. Currently, one of the main structures of oil depots are tanks that are designed for storing oil and petroleum products and the production of certain technological operations. This article provides a classification of tanks.

Keywords: tank, structure, pontoon, collapsing.

Резервуарами называются стационарные или передвижные сосуды разнообразной формы и размеров. Резервуары являются наиболее ответственными сооружениями, в них хранятся в больших количествах ценные жидкости.

Емкости для хранения нефти и нефтепродуктов подразделяют по ряду признаков:

– по материалу, из которого они изготовлены, – металлические, железобетонные, земляные, синтетические и в горных выработках;

– по конструкции – вертикальные цилиндрические с коническими, плавающими и сферическими крышами, плоскими и пространственными днищами, с понтонами (в основном типа РВС), горизонтальные цилиндрические с плоскими и пространственными днищами (типа РГС), каплевидные, резервуары-цилиндроида, прямоугольные и траншейные, конические, шарообразные (сферические), сфероидальные и другие.

– по значению избыточного давления – резервуары низкого ($p_n < 0,002$ МПа) и резервуары высокого ($p_n > 0,002$ МПа) давления;

– по назначению – резервуары для хранения мало-, высоковязких и нефтепродуктов, резервуары-отстойники, резервуары-смесители, резервуары специальных конструкций для хранения нефтей и нефтепродуктов с высоким давлением насыщенных паров.

В зависимости от расположения по вертикали по отношению к прилегающей территории резервуары делят на наземные, подземные и полуподземные.

Наземными называют резервуары, у которых днище находится на одном уровне или выше наинизшей планировочной отметки прилегающей площадки. Подземными называют резервуары, когда наивысший уровень нефтепродукта в них находится не менее чем на 0,2 м ниже наинизшей планировочной отметки прилегающей площадки, а также резервуары, имеющие обсыпку не менее чем на 0,2 м выше допустимого наивысшего уровня нефтепродукта в резервуаре и шириной не менее 3 м. Полуподземными называют резервуары, днище которых заглублено не менее чем на половину его высоты, а наивысший уровень нефтепродукта находится не выше 2 м над поверхностью прилегающей территории.

Существенными факторами при выборе типа резервуара являются физические свойства нефтепродуктов, в частности, температура начала кипения, климатические условия, влияющие на степень испарения и величину потерь, и технико-экономические показатели по расходу строительных материалов; затратам труда и средств.

На нефтебазах и перекачивающих станциях в основном применяют стальные (типов РВС, РГС) и железобетонные (типа ЖБР) резервуары различных конструкций. Резервуары должны отвечать ряду требований. Они должны быть герметичными для хранения нефтепродуктов и их паров, простой формы, долговечными, дешевыми. Эти требования в зависимости от назначения нефтебазы и физико-химических свойств, и условий перекачки нефтепродуктов удовлетворяются в различной степени и различными способами.

По периметру каждой группы наземных резервуаров необходимо предусматривать замкнутое земляное обвалование шириной поверху не менее 0,5 м или ограждающую стену из негорючих материалов, рассчитанные на гидростатическое давление разлившейся жидкости. Свободный от застройки объем обвалованной территории, образуемый между внутренними откосами обвалования или ограждающими стенами, следует определять по расчетному объему разлившейся жидкости, равному номинальному объему наибольшего резервуара в группе или отдельно стоящего резервуара. Высота обвалования или ограждающей стены каждой группы резервуаров должна быть на 0,2 м выше уровня расчетного объема разлившейся жидкости, но не менее 1 м для резервуаров номинальным объемом до 10000 м³ и 1,5 м для резервуаров объемом 10000 м³ и более. Расстояние от стенок резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования или до ограждающих стен следует принимать не менее 3 м от резервуаров объемом до 10000 м³ и 6 м – от резервуаров объемом 10000 м³ и более.

Группа из резервуаров объемом 400 м³ и менее общей вместимостью до 4000 м³, расположенная отдельно от общей группы резервуаров (за пределами ее внешнего обвалования), должна быть ограждена сплошным земляным валом или стеной высотой 0,8 м при вертикальных резервуарах и 0,5 м при горизонтальных резервуарах. Расстоя-

ние от стенок этих резервуаров до подошвы внутренних откосов обвалования не нормируется.

Обвалование подземных резервуаров следует предусматривать только при хранении в этих резервуарах нефти и мазутов. Объем, образуемый между внутренними откосами обвалования, следует определять из условия удержания разлившейся жидкости в количестве, равном 10 % объема наибольшего подземного резервуара в группе. Обвалование группы подземных резервуаров для хранения нефти и мазутов допускается не предусматривать, если объем, образуемый между откосами земляного полотна автомобильных дорог вокруг группы этих резервуаров, удовлетворяет указанному условию.

В пределах одной группы наземных резервуаров внутренними земляными валами или ограждающими стенами следует отделять каждый резервуар объемом 20000 м³ и более или несколько меньших резервуаров суммарной вместимостью 20000 м³; резервуары с маслами и мазутами от резервуаров с другими нефтепродуктами; резервуары для хранения этилированных бензинов от других резервуаров группы. Высоту внутреннего земляного вала или стены следует принимать: 1,3 м – для резервуаров объемом 10000 м³ и более; 0,8 м – для остальных резервуаров.

На сегодняшний день резервуары являются весьма важным звеном в технологической цепочке транспорта нефти и нефтепродуктов.

Литература:

1. Степанов М.С. Особенности построения математической модели технического состояния центробежного нагнетателя по термогазодинамическим параметрам / М.С. Степанов, Д.А. Иноземцев, А.В. Бунякин // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 190–193.

2. Расчет диагностического параметра вибраций для оценки технического состояния подшипников скольжения ГТУ / М.А. Абессоло [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – № 6(59). – С. 63–66.

3. Иноземцев Д.А. Техническая диагностика как инструмент определения текущего состояния газонефтегазотранспортных систем / Д.А. Иноземцев, М.С. Степанов, И.А. Колесник // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 145–147.

4. Иноземцев Д.А. Анализ методик диагностирования ГПА по термогазодинамическим параметрам // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 152–155.

5. Степанов М.С. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность нефтегазопроводов / М.С. Степанов, Д.А. Иноземцев // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 134–138.

6. Величко Е.И. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов / Е.И. Величко, Е.Ф. Кесова, Д.А. Иноземцев // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.

7. Inozemtsev D.A. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International Science and Technology Conference «Earth Science»». – 2021. – P. 012076.

8. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термогазодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех :

материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.

9. Иноземцев Д.А. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов / REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.

10. Совершенствование элементов технологической оснастки обсадных колонн и опыт их применения при цементировании скважин / А.Е. Нижник [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2017. – № 5. – С. 64–70.

Literature:

1. Stepanov M.S. Features of constructing a mathematical model of the technical state of the centrifugal blower by thermogasdynamic parameters / M.S. Stepanov, D.A. Inozemtsev, A.V. Bunyakin // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 190–193.

2. Calculation of the diagnostic parameter of vibrations to assess the technical condition of the GTU sliding bearings / M.A. Abessolo [et al.] // Exposition Oil Gas. – 2017. – № 6(59). – P. 63–66.

3. Inozemtsev D.A. Technical diagnostics as a tool for determining the current state of gas and oil transportation systems / D.A. Inozemtsev, M.S. Stepanov, I.A. Kolesnik // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 145–147.

4. Inozemtsev D.A. Analysis of methods of diagnosing GCUs by thermogasdynamic parameters // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 152–155.

5. Stepanov M.S. Factors affecting the operational reliability of oil and gas pipelines / M.S. Stepanov, D.A. Inozemtsev // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House-Yug, 2020. – V. 2. – P. 134–138.

6. Velichko E.I. Analysis of peculiarities and calculation of gear-multipliers / E.I. Velichko, E.F. Kesova, D.A. Inozemtsev // REFERATOTECH : Materials of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House-Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.

7. Inozemtsev D.A. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.

8. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermo-gas-dynamic parameters (in Russian) / D.A. Inozemtsev [et al. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.

9. Inozemtsev D.A. Modern approach to diagnosing of gas-pumping units / REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.

10. Improvement of elements of technological rigging casing and experience of their use in cementing wells / A.E. Nizhnik [et al.] // Территория Нефтегаз. – 2017. – № 5. – P. 64–70.

**ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТОВ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ГАЗОТУРБИННЫХ ПРИВОДОВ ГПА, ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ**

**CAUSES OF THE APPEARANCE AND DEVELOPMENT OF DEFECTS
IN THE SUPPORTING ELEMENTS OF GAS TURBINE DRIVES OF GPA,
POSSIBLE CONTROL METHODS**

Величко Евгений Иванович

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Оборудованит нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Иноземцев Дмитрий Александрович

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Музыкантова Анна Викторовна

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье рассмотрены основные дефекты опор качения газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов, причины их возникновения и развития, а также современные методы неразрушающего контроля, которые позволяют их обнаружить на ранней стадии.

Ключевые слова: подшипники качения, дефекты, неразрушающий контроль, вибродиагностика, термогазодинамические параметры.

Velichko Yevgeny Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Head of the Department «Equipment of Oil and Gas Fields»,
Kuban State Technological University

Inozemtsev Dmitry Alexandrovich

Senior Lecturer of the Department «Equipment of Oil and Gas Fields»,
Kuban State Technological University

Muzykantova Anna Viktorovna

Senior Lecturer of the Department «Equipment of Oil and Gas Fields»,
Kuban State Technological University

Annotation. The article considers the main defects of rolling bearings of gas turbine drives of gas pumping units, the causes of their occurrence and development, as well as modern methods of non-destructive testing that allow them to be detected at an early stage.

Keywords: rolling bearings, defects, non-destructive testing, vibration diagnostics, thermal and gas dynamic parameters.

В настоящее время повсеместно в качестве привода центробежных газоперекачивающих агрегатов магистральных газопроводов используются конвертированные авиационные двигатели, адаптированные к наземным условиям работы. В этих двигателях применяются исключительно подшипники качения, обладающие по

сравнению с подшипниками скольжения рядом преимуществ. К ним относятся: значительно меньший коэффициент трения, способность работать надежно при больших числах оборотов, а так же малые размеры подшипника по длине.

Из анализа работы газоперекачивающих агрегатов с приводом от авиационных двигателей известно, что значительная часть их неисправностей происходит из-за разрушения подшипников. Опоры качения выдерживают значительно большую нагрузку, чем опоры скольжения, однако в условиях эксплуатации они так же подвержены износу, вызываемому скольжением, а так же химическим воздействием смазочного материала и окружающей среды. На их долговечность в основном оказывают влияние повреждение поверхностей: выкрашивание, оспины и т.д., являющиеся результатом развития усталостного процесса.

В самом простейшем представлении при перекатывании тел качения на площадках контакта возникают очень высокие контактные напряжения, изменяющиеся по пульсирующему циклу. Столь высокие напряжения на рабочих поверхностях могут вызывать повреждения в виде:

1) усталостного выкрашивания (питтинга) в результате накопления микроповреждений, усугубляющихся расклинивающим действием смазки (для сильно нагруженных быстроходных подшипников качения, надежно защищенных от попадания абразивных частиц этот вид повреждений рабочих поверхностей наиболее опасен);

2) абразивного износа тел качения и беговых дорожек колец в случае работы подшипника при недостаточной фильтрации масла и негерметичности уплотнений;

3) образования местных углублений на беговых дорожках колец (бринеллирования) при больших местных контактных напряжениях;

4) выкалывания кромок колец, буртиков, которые чаще всего являются следствием неправильного монтажа подшипников (перекосов, перетяжек) – эти же причины могут вызвать перегрев подшипников, полное заклинивание и разрушение;

5) повреждений, вызываемых изменением зазоров и посадок между деталями подшипника и опорами роторов.

б) износа деталей подшипника выше допустимого уровня, особенно тел качения и поверхности колец, что приводит к увеличению радиальных зазоров, вызывающих, в свою очередь, смещение ротора.

Любые повреждения рабочих поверхностей элементов качения вызывают резкое повышение сопротивления движению, нагрев подшипника, усиление шума, появление толчков и повышенных уровней вибрации. При весьма значительных динамических перегрузках возможно раздавливание тел качения или колец.

Вследствие неравномерного нагружения тел качения (неравенства их деформации и рассеяния размеров в пределах допуска) скорости их вращения оказываются так же неодинаковыми. В процессе работы неизбежно проскальзывание тел качения относительно беговых дорожек и создание в слое смазки гидродинамических давлений, влияющих на деформацию поверхностей контакта.

Геометрия рабочих поверхностей так же не идеальна, что, в свою очередь, влияет на распределение давлений. Возможна изначальная волнистость шариков и дорожек качения и, кроме того, наружное кольцо под действием контактных напряжений может принять форму многогранника, вращающегося синхронно с телами качения. Качество посадок подшипников качения в корпус и на вал так же имеет очень большое значение для стабильной работы узла в период назначенного ресурса. Эти посадки должны обеспечивать сохранение радиальных зазоров между телами качения и корпусом при всех условиях эксплуатации. Длительный перегрев подшипника, возникающий по различным причинам, может свести радиальный зазор до нуля, что приводит к резкому увеличению сопротивления вращению и, как следствие, к еще большему перегреву и разрушению подшипника.

Еще одним параметром, с помощью которого определяется состояние подшипника, является температура смазочного масла, так как перед тем, как произойти разрушению, она резко уменьшается, а затем наблюдается ее быстрый рост. Обычно это происходит при металлическом контакте и последующими усталостными повреждениями или даже заеданием. При усталостном разрушении подшипника качения на поверхности элементов качения наблюдается отслаивание и выкрашивание материала. Контакт элементов подшипника с поврежденной зоной так же вызывает отслаивание и выкрашивание материала. Кроме того, в этом случае возникает механический удар, вызывающий неустойчивые колебания, передающиеся на обойму подшипника.

Все описанные выше неисправности и дефекты подшипников качения и качения могут быть зафиксированы и выявлены различными методами активного контроля текущего технического состояния системы, в период нахождения агрегата в рабочем состоянии наиболее распространенными и достоверными из которых являются динамический (вибрационная) и контроль загрязнений.

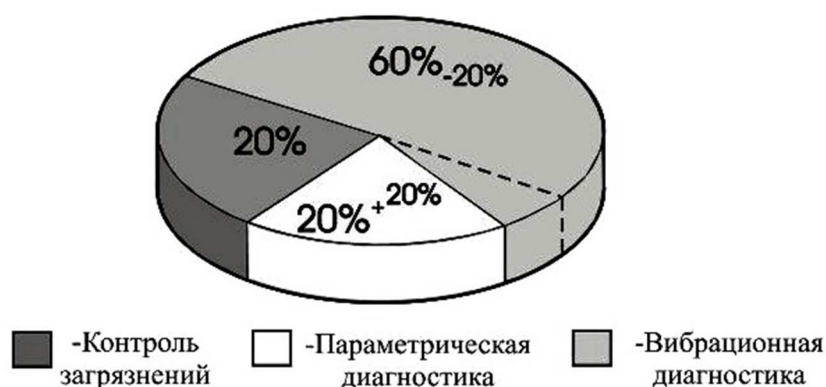


Рисунок 1 – Распределение методов активного контроля в общем объеме технической диагностики ГПА с газотурбинным приводом

Если оценить вклад каждого из методов в изучение текущего состояния компрессорной установки (ГПА и авиационный двигатель) (рис. 1), то большая часть дефектов и неисправностей, примерно 60 %, может быть установлена методами вибродиагностики, пригодными для обнаружения дефектов практически во всех элементах агрегата; около 20 % неисправностей компрессора и примерно половина опасных режимов работы проточной части нагнетателя (или осевого компрессора) обнаруживается только анализом термогазодинамических параметров (параметрическая диагностика), Примерно 20 % неисправностей элементов компрессора, обнаруженных методами вибродиагностики можно подтвердить анализом термогазодинамических параметров машины и около 20 % неисправностей (в основном для пар трения) можно зарегистрировать по изменению температуры, состава, уровню загрязнений смазочного масла.

На основании вышеизложенного следует сделать логический вывод о том, что для диагностирования подшипниковых опор следует использовать комплексные методы диагностики для достижения наиболее точного и обоснованного результата.

Литература:

1. Степанов М.С. Особенности построения математической модели технического состояния центробежного нагнетателя по термогазодинамическим параметрам / М.С. Степанов, Д.А. Иноземцев, А.В. Буныкин // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 190–193.

2. Расчет диагностического параметра вибраций для оценки технического состояния подшипников скольжения ГТУ / М.А. Абессоло [и др.] // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – № 6(59). – С. 63–66.
3. Иноземцев Д.А. Техническая диагностика как инструмент определения текущего состояния газонефтеперевозных систем / Д.А. Иноземцев, М.С. Степанов, И.А. Колесник // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 145–147.
4. Иноземцев Д.А. Анализ методик диагностирования ГПА по термодинамическим параметрам // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 152–155.
5. Степанов М.С. Факторы, влияющие на эксплуатационную надежность нефтегазопроводов / М.С. Степанов, Д.А. Иноземцев // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 2. – С. 134–138.
6. Величко Е.И. Анализ особенностей и расчета зубчатых передач мультипликаторов / Е.И. Величко, Е.Ф. Кесова, Д.А. Иноземцев // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 29–31.
7. Inozemtsev D.A. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International Science and Technology Conference «Earth Science»». – 2021. – P. 012076.
8. Неисправности выявляемые методом диагностирования ГТД по термодинамическим параметрам / Д.А. Иноземцев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 249–251.
9. Иноземцев Д.А. Современный подход к диагностированию газоперекачивающих агрегатов / REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 137–140.
10. Совершенствование элементов технологической оснастки обсадных колонн и опыт их применения при цементировании скважин / А.Е. Нижник [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2017. – № 5. – С. 64–70.

Literature:

1. Stepanov M.S. Features of constructing a mathematical model of the technical state of the centrifugal blower by thermogasdynamic parameters / M.S. Stepanov, D.A. Inozemtsev, A.V. Bunyakin // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 190–193.
2. Calculation of the diagnostic parameter of vibrations to assess the technical condition of the GTU sliding bearings / M.A. Abessolo [et al.] // Exposition Oil Gas. – 2017. – № 6(59). – P. 63–66.
3. Inozemtsev D.A. Technical diagnostics as a tool for determining the current state of gas and oil transportation systems / D.A. Inozemtsev, M.S. Stepanov, I.A. Kolesnik // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 145–147.
4. Inozemtsev D.A. Analysis of methods of diagnosing GCUs by thermogasdynamic parameters // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 152–155.

5. Stepanov M.S. Factors affecting the operational reliability of oil and gas pipelines / M.S. Stepanov, D.A. Inozemtsev // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House-Yug, 2020. – V. 2. – P. 134–138.
6. Velichko E.I. Analysis of peculiarities and calculation of gear-multipliers / E.I. Velichko, E.F. Kesova, D.A. Inozemtsev // REFERATOTECH : Materials of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House-Yug, 2020. – V. 3. – P. 29–31.
7. Inozemtsev D.A. Gas turbine driven gpu diagnostics by the gas path parameters / D.A. Inozemtsev [et al.] // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series «International Science and Technology Conference «Earth Science». – 2021. – P. 012076.
8. Failures detected by the method of GTE diagnosing by thermo-gas-dynamic parameters (in Russian) / D.A. Inozemtsev [et al. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 249–251.
9. Inozemtsev D.A. Modern approach to diagnosing of gas-pumping units / REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 137–140.
10. Improvement of elements of technological rigging casing and experience of their use in cementing wells / A.E. Nizhnik [et al.] // Territoria Neftegaz. – 2017. – № 5. – P. 64–70.

**ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОЙ ПРОВОДИМОСТИ
ПЕРКОЛЯЦИОННОГО КЛАСТЕРА В НЕУПОРЯДОЧЕННЫХ СРЕДАХ**

**APPROACH TO DETERMINING EFFECTIVE CONDUCTIVITY
PERCOLATION CLUSTER IN UNORDERED ENVIRONMENTS**

Гапоненко Александр Макарович

профессор кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»,
Кубанский государственный технологический университет
amgaponenko@yandex.ru

Кочарян Евгений Валерьевич

доцент кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»,
Кубанский государственный технологический университет
kocha99@mail.ru

Колесников Борис Петрович

доцент кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»,
Кубанский государственный технологический университет
gradient06@mail.ru

Шапошников Валентин Васильевич

доцент кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»,
Кубанский государственный технологический университет
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Арушанян Рубен Рафаэлович

ассистент кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники»,
Кубанский государственный технологический университет
rubenarushanyan@gmail.com

Аннотация. В представленной работе предложен единый подход к описанию индекса эффективной проводимости t фрактальной, квазифрактальной и n однородной частей перколяционного кластера на основе вероятностно-статистической природы его формирования.

Ключевые слова: эффективная проводимость, макроскопически неупорядоченные среды, перколяционный кластер.

Gaponenko Alexander Makarovich

Professor of the Department of «Thermal Power Engineering
and Heat Engineering»,
Kuban State University of Technology
amgaponenko@yandex.ru

Kocharyan Evgeny Valerievich

Associate Professor of the Department of «Heat and Power Engineering»,
Kuban State University of Technology
kocha99@mail.ru

Kolesnikov Boris Petrovich

Associate Professor of the Department of «Heat and Power Engineering»,
Kuban State University of Technology
gradient06@mail.ru

Shaposhnikov Valentin Vasilievich

Associate Professor of the Department of «Heat and Power Engineering»,
Kuban State University of Technology
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Arushanyan Ruben Rafaelovich

Assistant of the Department of «Heat and Power Engineering»,
Kuban State University of Technology
rubenarushanyan@gmail.com

Annotation. The presented paper proposes a unified approach to describing the effective conductivity index t of fractal, quasi-fractal and n homogeneous parts of the percolation cluster based on the probabilistic-statistical nature of its formation.

Keywords: effective conductivity, macroscopically disordered media, percolation cluster.

Настоящая работа посвящена исследованию эффективной проводимости (тепло- и электропроводности) макроскопически неупорядоченных сред (МНС) с предельно (сильно) отличающимися проводящими свойствами компонентов (типа проводник – изолятор). Целью исследования является разработка единого подхода к определению индекса эффективной проводимости перколяционного кластера (ПК), а также получение простых и удобных формул для оценки и прогнозирования эффективной проводимости МНС.

В качестве объекта исследования рассматривалась двух компонентная трёхмерная предельно неоднородная МНС, состоящая из структурных элементов (частицы, узлы, связи) проводящего (с объёмной концентрацией ϑ) и непроводящего (с объёмной концентрацией $1-\vartheta$) компонентов, которые обладают равноправной вероятностью распределения в рассматриваемой среде. Принято, что характерный размер неоднородностей такой среды намного больше любых характерных микроскопических длин процесса, а эффективная проводимость на этом размере зависит от концентрации компонентов. В такой МНС наблюдается классическая перколяция, согласно которой при достижении критического значения $\vartheta = \vartheta_c$ – нижнего порога протекания образуется фрактальный ПК, с входящими в его состав фрактальной подструктурой – остовом перколяционного кластера (backbone), в состав которого, в свою очередь, также входят фрактальные подструктуры – скелет (skeleton), красные связи (red bonds) и другие. У всех подструктур фрактальные размерности, меньше размерности ПК. Поэтому, при значениях ϑ выше некоторого верхнего порога протекания – ϑ_h , ПК становится квазифрактальным, а его подструктуры остаются фрактальными до масштабов корреляционных длин, соответствующих определенной подструктуре. В диапазоне $\vartheta_d \leq \vartheta \leq 1$ структура ПК становится полностью однородной (далее однородной), а плотность (мощность) ПК совпадает с плотностью Θ_0 и определяется объёмной концентрацией проводящего компонента $\Theta_0(\vartheta) = \vartheta$.

Безразмерную эффективную проводимость однородного ПК, можно описать следующим образом:

$$\Lambda_0 = \vartheta \sqrt{C_0} = \vartheta^{1.5} \sqrt{z}, \quad (1)$$

где $\Lambda_0 = \lambda_e / \lambda$, λ_e и λ – соответственно эффективная проводимость ПК и проводимость элементов проводящего компонента, $C_0 = \vartheta z$ – критическая смежность (степень контакта, которая в рассматриваемом диапазоне совпадает с критическим сечением проводящего компонента); z – коэффициент консолидации структурных элементов проводящего компонента.

Из (1) следует, что безразмерная проводимость Λ_0 является структурно-топологической характеристикой ПК, и не учитывает физико-химических и технологических процессов консолидации. Величины Λ_0 , ϑ , C_0 и z обладают всеми свойствами вероятности и их значения заключены в диапазоне от 0 до 1, что позволяет рассчитать максимум эффективной проводимости при данном значении ϑ . Так значение $z = 1$ соответствует максимуму эффективной проводимости предельно неоднородных МНС с изолированными элементами непроводящего компонента, для которых $\Lambda_0 = \vartheta^{1.5}$, а в случае $z = \vartheta$ – максимуму эффективной проводимости МНС с равноправными взаимопроницающими компонентами – $\Lambda_0 = \vartheta^2$

Если принять $z = \vartheta^a$ ($0 \leq a \leq \infty$), то значения $\vartheta \leq z \leq 1$ ($0 \leq a \leq 1$) соответствуют структуре однородного ПК, проводимость которого, согласно (1), можно описать степенной зависимостью

$$\Lambda_0(\vartheta) = \vartheta^n, \quad (2)$$

где n – индекс эффективной проводимости однородного ПК ($1.5 \leq n \leq 2$), соответствующий диапазону $\vartheta_d \leq \vartheta \leq 1$.

Значения $0 \leq z < \vartheta$ ($1 < a \leq \infty$) соответствуют фрактальной и квазифрактальной структурам ПК. В работе [1] показано, что проводимость фрактального ПК можно описать степенной зависимостью:

$$\Lambda_0(\vartheta) = (\vartheta - \vartheta_c)^t, \quad (3)$$

где t – индекс эффективной проводимости фрактального ПК, значение которого для определенной подструктуры фрактального ПК можно найти по формуле $t = \beta + b_i$, где $b_i = \nu(d - d_i)$, β и ν – фрактальные критические показатели, b_i и d_i – соответственно фрактальный критический показатель и фрактальная размерность i -той подструктуры ПК, d – размерность 3-х мерного пространства.

Используя значения фрактальных критических показателей и фрактальных размерностей подструктур ПК, приведенных в [3], можно показать, что в диапазоне $\vartheta_c \leq \vartheta \leq \vartheta_h$ индекс проводимости t изменяется в пределах от $t = t_r = \beta + b_r = \beta + \nu(d - d_r) = 2$ (d_r – фрактальная размерность red bonds) вблизи порога протекания ϑ_c и до $t = t_b = \beta + b_b = \beta + \nu(d - d_b) = 1.417$ (d_b – фрактальная размерность backbone) вблизи $\vartheta = \vartheta_h$.

При нахождении ϑ_h плотность фрактального ПК записывалась как $\Theta_f(\vartheta) = A(\vartheta - \vartheta_c)^\beta$, где A – коэффициент пропорциональности, а плотность однородного ПК – $\Theta_\infty(\vartheta) = \vartheta$. С учетом того, то что эти зависимости являются касательными при $\vartheta = \vartheta_h$ найдено значение $\vartheta_h = \vartheta_c / (1 - \beta)$, при котором корреляционная длина ПК $\xi_f(\vartheta_h) = \vartheta_h$,

Для нахождения ϑ_d используем значение проводимости red bonds при ϑ_h , которое согласно (3) равно $\Lambda_\infty(\vartheta_h) = (\vartheta_h - \vartheta_c)^{t_r}$. Представляя плотность red bonds в виде:

$$\Theta_r(\vartheta) = B(\vartheta - \vartheta_c)^{b_r},$$

где B – коэффициент пропорциональности, а также полагая равно-вероятность встречи $\Theta_r(\vartheta_h)$ структурных элементов red bonds и её сохранения $\Theta_r(\vartheta_h)$, из чего следует $\Theta_r(\vartheta_h)^2 = [B(\vartheta_h - \vartheta_c)]^{2b_r} = \Lambda_0(\vartheta_h)^{t_r}$, получаем зависимость $\Theta_r(\vartheta) = (\vartheta_h - \vartheta_c)^{(t_r - 2b_r)/2} (\vartheta - \vartheta_c)^{b_r}$, которая позволяет определить ϑ_d при выполнении условия $\Theta_r(\vartheta_d) = \vartheta_d$ (корреляционная длина red bonds $\xi_r(\vartheta_d) = \vartheta_d$).

Учитывая непрерывную степенную зависимость эффективной проводимости от ϑ при переходе из фрактального к квазифрактальному и далее к однородному состоянию ПК, за основу расчета проводимости в области кроссовера ($\vartheta_h \leq \vartheta \leq \vartheta_d$) взято выражение (3), индекс проводимости которой, ограничен значениями $t = t_b$ при $\vartheta = \vartheta_h$ и $t = t_d$ при $\vartheta = \vartheta_d$ (значение t_d определяется из условия равенства (2) и (3): $(\vartheta_d - \vartheta_c)^{t_d} = \vartheta_d^{n=2}$).

Литература:

1. Колесников Б.П. Прогнозирование эффективной проводимости N-компонентной макроскопически неупорядоченной среды / Б.П. Колесников, Р.Р. Арушанян // Современные проблемы теплофизики и энергетики : материалы III Международной конференции. – М., 2020. – С. 413–415.
2. Андрейко Н.Г. Использование гелиосистем в теплоснабжении объектов Краснодарского края / Н.Г. Андрейко, Р.Р. Арушанян, Т.А. Леонова // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 12–15.
3. Андрейко Н.Г. Снижение вредных выбросов в атмосферу при сжигании жидких топлив / Н.Г. Андрейко, Р.Р. Арушанян, А.В. Штефанец // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 16–19.
4. Андрейко Н.Г. Использование тепловых труб в системах охлаждения аппаратов воздушного охлаждения / Н.Г. Андрейко, Р.Р. Арушанян, А.Р. Декусарова // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 20–23.
5. Андрейко Н.Г. Анализ экологического состояния атмосферы при эксплуатации газотранспортных объектов / Н.Г. Андрейко, Р.Р. Арушанян, О.С. Бальжунист // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 24–26.
6. Арушанян Р.Р. Применение тепловых труб на КС / Р.Р. Арушанян, А.В. Штефанец // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 27–29.
7. Терещенко И.А. Диагностика подводных переходов / И.А. Терещенко, Р.Р. Арушанян, М.Х. Хапова // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 248–253.
8. Терещенко И.А. Измерение давления / И.А. Терещенко, Р.Р. Арушанян, М.Х. Хапова // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 264–267.

Literature:

1. Kolesnikov, B.P. Prediction of effective conductivity of N-component macroscopically disordered medium / B.P. Kolesnikov, R.R. Arushanyan // Modern problems of thermal physics and power engineering. Proc. of III International Conference. – M., 2020. – P. 413–415.
2. Andreyko N.G. Using Solar Systems for Heat Supply of Krasnodar Region / N.G. Andreyko, R.R. Arushanyan, T.A. Leonova // REFERATOTECH: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 12–15.
3. Andreyko N.G. Andreyko, R.R. Arushanyan, A.V. Stefanets // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 16–19.
4. Andreyko N.G. The use of heat pipes in the cooling systems of air coolers / N.G. Andreyko, R.R. Arushanyan, A.R. Dekusarova // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – C. 20-23.
5. Andreyko N.G. Analysis of the environmental state of the atmosphere during operation of gas transportation facilities / N.G. Andreyko, R.R. Arushanyan, O.S. Balzhunist // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 24–26.
6. Arushanyan R.R. Application of heat pipes at compressor stations / R.R. Arushanyan, A.V. Stefanets // REFERATOTECH: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 1. – P. 27–29.
7. Tereshchenko I.A. Diagnostics of Underwater Crossings / I.A. Tereshchenko, R.R. Arushanyan, M.H. Khapova // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 248–253.
8. Tereshchenko I.A. Pressure Measurement / I.A. Tereshchenko, R.R. Arushanyan, M.Kh. Khapova // Nauka. New generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 264–267.

**ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ И ЗАДАЧ ПРИМЕНЕНИЯ
ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ СКВАЖИНЫ ПРИ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИИ**

**STATUS AND OBJECTIVES
OF THE WELL BOTTOMHOLE AREA IN SAND EVENT**

Гиляев Г.Г.

доктор технических наук,
профессор

Коврешкин Н.А.

студент 4 курса,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье рассмотрены состояния и развитие работ в области крепления призабойной зоны пескопроявляющих скважин.

Ключевые слова: вынос, закачка, зона, песок, нефть.

Gilaev G.G.

Doctor of Technical Sciences,
Professor

Kovreshkin N.A.

4-year Student,
Kuban State Technological University

Annotation. The article considers the conditions and development of works in the area of fixation of bottom-hole zone of sand-producing wells.

Keywords: removal, injection, zone, sand, oil.

Одной из проблем эксплуатации скважин со слабосцементированными коллекторами является ограничение или полное исключение выноса песка. Решение проблемы борьбы с выносом песка связано с необходимостью предотвращения пробкообразования в скважинах, повышения их производительности, снижения себестоимости нефти, уменьшения затрат на текущий и капитальный ремонты скважин.

Для борьбы с выносом песка созданы специальные конструкции фильтров, для крепления пород призабойной зоны разработаны десятки составов на основе минеральных вяжущих и полимеров, испытана технология их применения. Некоторые составы являются перспективными, после соответствующей доработки они найдут широкое применение при ремонте скважин (составы на основе СФЖ, вспененных полимеров, Контарен-2, пеноцементы и др.).

В целом успешность работ по креплению призабойной зоны остается низкой и составляет 50–60 %, велика продолжительность и стоимость одного ремонта. Количество скважин, требующих крепления призабойной зоны, растет из года в год. Отсутствует технология крепления скважин, законченных бурением, специально для профилактики предупреждения пескопроявлений.

Анализ промыслового материала показывает, что успешность крепления призабойной зоны скважин зависит от точного соблюдения технологии. Основными нарушениями при креплении призабойной зоны скважин различными крепящими составами являются:

- несоблюдение рецептуры крепящего состава;
- несоответствие свойств выбранного состава геологотехническим условиям скважины (температура в зоне крепления, проницаемость пород, обводнённость нефти и др.);
- низкая приёмистость скважин;
- отсутствие промывки от песка скважины перед её креплением;
- промывка скважины после окончания процесса крепления производится в недостаточном объёме;
- отсутствие анализов на содержание механических примесей в добываемой продукции до и после крепления призабойной зоны;
- глушение скважины перед креплением призабойной зоны осуществляется без учёта сохранения коллекторских свойств продуктивного пласта.

Проблема борьбы с выносом песка осложняется тем, что борьбу с песком начинают вести на поздней стадии эксплуатации скважин, когда призабойная зона уже сильно дренирована и наблюдаются частые пробкообразования. В то же время известно, что проведение работ по креплению призабойной зоны на этапе закачивания скважин бурением или в начальный период эксплуатации (через 1–3 месяца после выхода из бурения) даёт наиболее хорошие результаты (позволяет получить успешность работ, равную 70–90 %).

Требуют своего решения и вопросы борьбы с пробкообразованием в нагнетательных и паронагнетательных скважинах.

Используемые для крепления призабойной зоны составы и технология их применения не позволяют полностью решить проблему борьбы с выносом песка (низкая прочность закрепленной зоны, мал межремонтный период, значительно снижают проницаемость пласта в зоне крепления, технология крепления сложна и трудоемка). Однако в последние годы недостаточно интенсивно разрабатываются новые рецептуры составов для крепления призабойной зоны.

Слабо развиваются такие направления, как разработка составов без твердой фазы для консолидации сло цементированных пород, составов на основе вспененных полимеров, эмульсионных растворов, составов на основе цемента и технология применения указанных составов. Разрабатывается прогрессивная технология создания трехфазных фильтров.

Необходимо отметить, что в большинстве производственных объединений отсутствуют технические средства для приготовления составов для крепления призабойной зоны (передвижные емкости с перемешивающим устройством дозаторами для жидких и твердых компонентов).

Таким образом, основными направлениями развития работ в области крепления призабойной зоны пескопроявляющих скважин необходимо считать:

- создание составов для консолидации слабосцементированных пород (составов на полимерной основе без твердой фазы, составов на основе вспененных полимеров, эмульсионных растворов);
- создание проницаемых составов для заполнения каверн и заколонного пространства в интервале продуктивного пласта;
- создание термостойких составов для крепления призабойной зоны паронагнетательных скважин;
- разработка технологии применения таких составов;
- разработка технологии крепления призабойной зоны на этапе закачивания скважин бурением;
- разработка технологии создания гравийных фильтров (набивок) в скважине;
- разработка и создание технических средств, предназначенных для приготовления крепящих составов и проведения работ по креплению призабойной зоны;
- разработка технологии крепления призабойной зоны в скважинах с интервалом перфорации более 20 м.

В отечественной практике накоплен положительный опыт предотвращения пескопроявлений фильтрами с гравийной набивкой (РД 39-1-1113-84, НПО «Союзтермнефть»). Технология испытана на месторождениях Казахстана и Азербайджана и позволила в 5...10 раз уменьшить вынос мехпримесей в добывающих скважинах и в 2...3 раза увеличить межремонтный период работы скважины.

Разработана технология крепления призабойной зоны пескопроявляющих добывающих и паронагнетательных скважин специальными полимерными составами с регулируемой проницаемостью от 0,05 до 1,5 мкм* и прочностью при сжатии не менее 1,5 МПа. Технология испытана во многих производственных объединениях отрасли.

Применение технологии позволило увеличить межремонтный период работы скважин в 3...4 раза при увеличении добычи нефти на 10...15 % и снижении обводненности добываемой продукции.

В ОАО «Надымгазпром» на месторождении Медвежье фирмой «Нитпо» проведены работы по комплексной технологии изоляции водопритоков и креплению призабойной зоны пескопроявляющих газовых скважин. До ремонта многие скважины находились в бездействующем фонде по причине обводнения и образования глинисто-песчаных пробок в интервале перфорации. В процессе РИР произведена промывка песчаных пробок, изоляция водопритоков составом АКОР Б-100 и крепление слабосцементированных пород призабойной зоны полимерным составом. Полимерный состав для крепления призабойной зоны включает кубовые остатки производства фурилового спирта (КОФС) и 20–24 %-ную соляную кислоту. После продавливания полимерного состава в пласт производили дополнительную закачку цементного раствора с целью упрочнения призабойной зоны.

В результате применения комплексной технологии все скважины были освоены и введены в эксплуатацию. В продукции скважин значительно снижено содержание песка и воды, скважины работают стабильно с высоким дебитом газа. Продолжительность эффекта составляет 7–11 месяцев.

Научно-производственной фирмой «Нитпо» разработан новый полимерный состав для крепления призабойной зоны пескопроявляющих скважин, включающий мочевиноформальдегидную смолу (КФЖ, М-70), реагент АКОР и воду. Состав имеет регулируемое время гелеобразования в скважинах с температурой до 90 °С. Время гелеобразования и отверждения зависит от содержания реагента АКОР (отвердитель) и воды в составе.

В результате исследований установлено, что при увеличении содержания реагента АКОР время гелеобразования состава сокращается, а с увеличением степени разбавления водой реагента АКОР время гелеобразования увеличивается. При температуре 20 °С время гелеобразования состава можно регулировать от 1 ч. до 70 ч.

Прочность отвержденного состава составляет 5–22 МПа в зависимости от соотношения компонентов. Прочность песка, закрепленного составом, составляет 0,5–2,0 МПа, а проницаемость находится в пределах от 0,03 до 0,25 мкм.

Разработанный состав технологичен, имеет регулируемое время гелеобразования, прочно цементирует песок в призабойной зоне с образованием проницаемой массы и может быть применен для крепления призабойной зоны пескопроявляющих скважин.

Таким образом, внедрение прогрессивных технологий борьбы с выносом песка, включающих химические методы крепления призабойной зоны полимерными составами, позволит увеличить межремонтный период и обеспечить значительное повышение продуктивности скважин.

Литература:

1. Антониади Д.Г. Проблемы разработки залежи высоковязкой нефти северокомсомольского месторождения / Д.Г. Антониади, Г.Г. Гилаев, К.Э. Джалалов // Интервал. Передовые нефтегазовые технологии. – 2003. – № 4. – С. 38–41.

2. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 8. – С. 64–67.
3. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 38–40.
4. Толковый словарь по термическим методам воздействия на нефтяные пласты / Д.Г. Антониади [и др.]. – Краснодар, 2002. – 590 с.
5. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях : дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2004. – 64 с.
6. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 11. – С. 22–24.
7. Вопросы эксплуатации пескопроявляющих пластов. влияние пластового давления на вынос песка из коллектора при эксплуатации добывающих скважин / В.Ю. Близиюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 1. – С. 11–22.
8. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 11. – С. 65–69.
9. Обоснование условий расчета и выбора прочностных характеристик эксплуатационных колонн сладковско-морозовской группы месторождений / В.Ю. Близиюков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 2. – С. 31–38.
10. Близиюков В.Ю. Анализ нарушений эксплуатационных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов с анамально высокими пластовыми давлениями / В.Ю. Близиюков, А.Г. Гилаев, Г.Г. Гилаев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 6. – С. 50–54.
11. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин : дис. ... канд. техн. наук / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999. – 228 с.
12. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008. – 212 с.
13. Выбор бурового раствора для резки бокового ствола / О.А. Лушпеева [и др.] // Бурение и нефть. – 2002. – № 8. – С. 46–48.
14. Гилаев Г.Г. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории самарской области / Г.Г. Гилаев, М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 54–57.
15. Методические основы планирования и управления ремонтом скважин / Д.Г. Антониади [и др.]. – М., 2000. – 79 с.
16. Опыт проведения сейсморазведочных работ МОГТ-3D по методике slip-sweep / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 82–85.
17. Анализ динамики и причины пескований горизонтальных скважин пласта А4-8 федоровского месторождения / М.А. Бурштейн, Г.Г. Гилаев, А.Т. Кошелев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003. – № 1. – С. 11–15.
18. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин сладковско-морозовской группы месторождений / В.Ю. Близиюков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 1. – С. 17–22.
19. Гилаев Г.Г. Основные аспекты использования кислотного геля для закачки проппанта во время работ по гидроразрыву пласта на карбонатных коллекторах в вол-

го-уральском регионе / Г.Г. Гилаев, М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2020. – № 4. – С. 33–41.

20. Разработка устройства для осуществления импульсного нестационарного заводнения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2020. – № 4. – С. 68–74.

21. Хабибуллин М.Я. Повышение эффективности избирательной кислотной обработки скважин путем применения точечной гидропескоструйной перфорации / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 2. – С. 146–152.

22. Хабибуллин М.Я. Совершенствование метода и оборудования термокислотного импульсного воздействия / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2020. – Т. 18. – № 5. – С. 72–79.

23. Хабибуллин М.Я. Исследование процесса возбуждения пульсаций в движущемся потоке жидкости в трубопроводе / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2020. – Т. 18. – № 6. – С. 93–98.

24. Гилаев Г.Г. Оценка основных геологических условий залегания эксплуатационных объектов при добыче пластовых флюидов / Г.Г. Гилаев, М.Я. Хабибуллин, А.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 37–44.

25. Хабибуллин М.Я. Методика проектирования преобразующего механизма станков-качалок / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев, А.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 127–134.

Literature:

1. Antoniadis D.G. Problems of development of high-viscosity oil deposit of North-Komsomolskoye field / D.G. Antoniadis, G.G. Gilaev, K.E. Jalalov // Inter-val. Advanced oil and gas technologies. – 2003. – № 4. – P. 38–41.

2. Application of heat-resistant killing liquids on the basis of oil emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // Oil industry. – 2009. – № 8. – P. 64–67.

3. Oil deposits in carbonate sediments of Famensky stage of Samara region: history of discovery and prospects / G.G. Gilaev [et al.] // Oil economy. – 2013. – № 10. – P. 38–40.

4. Glossary of thermal methods of impact on oil reservoirs / D.G. Antoniadis [et al.]. – Krasnodar, 2002. – 590 p.

5. Gilaev G.G. Development of theory and practice of hard-to-recover hydrocarbon reserves extraction at complexly constructed fields : Ph. D. in Technical Sciences. – Tyumen, 2004. – 64 p.

6. Improving the efficiency of chemical reagents in JSC NK Rosneft / G.G. Gilaev [et al.] // Neftyanoye upravlenie. – 2012. – № 11. – P. 22–24.

7. Issues of the exploitation of sand layers. the impact of reservoir pressure on the removal of sand from the reservoir during the operation of producing wells / V.Y. Bliznyukov [et al.] // Engineer-oilman. – 2010. – № 1. – P. 11–22.

8. Hydraulic fracturing as a tool for field development in the Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // Neftyanoye upravlenie. – 2014. – № 11. – P. 65–69.

9. Substantiation of calculation conditions and selection of strength characteristics of production strings of Sladkovsko-Morozovskaya group of fields / V.Y. Bliznyukov [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010. – № 2. – P. 31–38.

10. Bliznyukov V.Y. Analysis of production string violations during development of sand-producing formations with anomalous high reservoir pressures / V.Y. Bliznyukov, A.G. Gilaev, G.G. Gilaev // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2010. – № 6. – P. 50–54.

11. Gilaev G.G. Research and development of a set of technologies of water shut-off during construction and operation of wells: Cand. Technical Sciences / Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999. – 228 p.

12. Diagnosing of the deep pumping wells by a dynamometer / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008. – 212 p.
13. Choice of drilling mud for sidetracking / O.A. Lushpeeva [et al.] // *Drilling and Oil*. – 2002. – № 8. – P. 46–48.
14. Gilaev G.G. Prospects of application of acid gel for proppant injection during hydraulic fracturing of carbonate formations in the Samara region / G.G. Gilaev, M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // *Neftyanoye ekonomika*. – 2020. – № 8. – P. 54–57.
15. Methodical bases of planning and management of well servicing / D.G. Antoniadi [et al.] – M., 2000. – 79 p.
16. Experience of MOGT-3D seismic surveys by slip-sweep technique / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil economy*. – 2013. – № 4. – P. 82–85.
17. Analysis of dynamics and reasons of sanding of horizontal wells of formation A4-8 of Fedorovsky field / M.A. Burshtein, G.G. Gilaev, A.T. Koshelev // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2003. – № 1. – P. 11–15.
18. Sand formation in producing wells and violation of the casing. assessment of patterns of reservoir and pore pressure distribution in the section of the wells of Sladkovsko-Morozovskaya group of fields / V.Y. Bliznyukov [et al.] // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2010. – № 1. – P. 17–22.
19. Gilaev G.G. Main aspects of using acid gel for injection of proppant during hydraulic fracturing of carbonate reservoirs in the Volga-Urals region / G.G. Gilaev, M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // *Scientific papers of NIPI Neftegaz GNKAR*. – 2020. – № 4. – P. 33–41.
20. Development of a device for pulse nonstationary flooding / G.G. Gilayev [et al.] // *Scientific papers of NIPI Neftegaz SOCAR*. – 2020. – № 4. – P. 68–74.
21. Khabibullin M.Y. Increase of efficiency of selective acid treatment of wells through the use of point hydro-sand perforation / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // *Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources*. – 2021. – V. 332. – № 2. – P. 146–152.
22. Khabibullin M.Y. Improvement of method and equipment of thermal acid pulse impact / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // *Neftegazovoye Delo*. – 2020. – V. 18. – № 5. – P. 72–79.
23. Khabibullin M.Y. Research of excitation of pulsations in the moving liquid flow in the pipeline / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // *Neftegazovoye Delo*. – 2020. – V. 18. – № 6. – P. 93–98.
24. Gilaev G.G. Estimation of basic geological conditions of production objects occurrence at formation fluids extraction / G.G. Gilaev, M.Y. Khabibullin, A.G. Gilaev // *Neftegazovoye Delo*. – 2021. – V. 19. – № 2. – P. 37–44.
25. Khabibullin M.Y. Method of designing the transforming mechanism of rocking machines / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev, A.G. Gilaev // *Neftegazovoye Delo*. – 2021. – V. 19. – № 2. – P. 127–134.

СОЗДАНИЕ СКВАЖИННЫХ НАСОСОВ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ДОБЫЧУ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

CREATION OF WELL PUMPS FOR PRODUCTION OF HIGHLY VISCOUS OIL

Гиляев Г.Г.

доктор технических наук,

профессор

Коврешкин Н.А.

студент 4 курса,

Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье рассмотрены специальные глубинные насосы для добычи высоковязких нефтей.

Ключевые слова: актуальность, агент, добыча, затрубное, устье.

Gilaev G.G.

Doctor of Technical Sciences,

Professor

Kovreshkin N.A.

4-year Student,

Kuban State Technological University

Annotation. Special depth pumps for production of high-viscosity oil are considered in the article.

Keywords: relevance, agent, extraction, annulus, mouth.

Подъем тяжелой нефти из скважин и транспортировка ее в закрытой напорной системе промыслового сбора является сложной инженерной задачей. Актуальность этой задачи возросла в последние годы в связи с возможностью вовлечения в разработку новых месторождений с высоковязкими нефтями термическими или другими методами увеличения нефтеотдачи пласта. На этих месторождениях эксплуатация скважин затруднена из-за повышенной вязкости нефти. Кроме того, наличие в нефти повышенного содержания песка и попутного газа еще в большей степени осложняет работу добывающих скважин.

Отрицательно сказывается на работе скважин и рост обводненности, что приводит к образованию высоковязкой эмульсии.

Как известно, применяемые для добычи легкой нефти серийно изготавливаемые насосы практически на тяжелых нефтях работают не эффективно. Затраты на подъем одной тонны тяжелой нефти из скважины превышают в несколько раз затраты на подъем легкой нефти, что в условиях рыночной экономики имеет определяющее значение.

В практике эксплуатации скважин существенное значение имеет режим работы пласта, определяемый теми энергетическими показателями, которые характеризуют условия движения пластового флюида к забою скважин.

В зависимости от величины пластового давления, физико-химических свойств нефти и газа, геологических особенностей залежи, методов воздействия определяются режимы работы пласта.

Термические методы создают особые условия движения жидкости в пласте, которые отличаются от известных более динамическими изменениями параметров пластасвойств нефти и зависят от темпов воздействия, объемов закачиваемого агента, его параметров, а также от степени регулирования процесса воздействия. Опыт разработки месторождения Каражанбас показывает, что имеют место зоны активного воздействия на участках ПТВ, ВВГ; зоны реагирования, где сказывается влияние методов воздействия, и зоны, где скважины работают на естественном режиме. Соответственно в различных зонах различные величины пластового давления, меняются температура и обводненность по пласту, соотношение растворенного и свободного газа и др. показатели. Понятно, что все перечисленные факторы существенно влияют на способ добычи нефти и в первую очередь на работу насосных скважин. Так, например, на участке ВВГ по группе скважин отношение продуктов горения и попутного газа на тонну добываемой жидкости составляет несколько сотен кубометров. Иногда эта величина достигает значений более 1000 м³/м. По отдельным скважинам наблюдается прорыв газа. Все эти случаи определяют неустойчивые процессы в пласте, которые отрицательно сказываются на работе добывающих скважин.

Следовательно, задача сводится к следующему: необходимо создавать такие новые способы, технологии и технические средства, которые должны работать в широком интервале вязкостной характеристики и обеспечивать отбор из скважин заданного количества нефти.

В зарубежной практике для добычи тяжелой нефти применяются различные конструкции специальных глубинных насосов, которые позволяют в определенных условиях решать эту задачу.

В ОАО «РосНИПИтермнефть» также разработаны технологии и специальные насосы, которые апробированы в различных регионах и могут широко применяться на месторождениях с тяжелыми нефтями.

Способ добычи высоковязкой нефти

Целью предлагаемого способа является уменьшение влияния сил трения и гидравлических сопротивлений на работу глубинной насосной установки на всем пути движения нефти от забоя скважины до устья.

Отличительной особенностью предлагаемого способа является использование маловязкой среды как для уменьшения сил трения штанг, так и для совершения полезной работы при подъеме добываемой нефти, а также устранение вредного влияния противодавления на устье скважины и сокращение максимальной нагрузки на головку балансира при ходе штанг вверх.

Этот эффект достигается за счет того, что в первой половине цикла работы станка-качалки при ходе вверх совершается работа только по подъему маловязкой балластной жидкости на высоту хода плунжера (объем, вытесненный плунжером).

Во второй половине цикла – ходе штанг вниз сначала за счет веса поднятого столба жидкости идет перемещение плунжера до момента открытия нагнетательного клапана, соединяющего полости цилиндра с затрубным пространством, затем плунжер перемещается за счет разности плотностей трубной и затрубной жидкостей.

Плотность маловязкой жидкости выбирается так, чтобы обеспечить перепад давления, необходимого для преодоления сил гидравлических сопротивлений на пути движения нефти.

Это техническое решение значительно сокращает энергетические затраты на подъем нефти, так как при ходе вверх практически будут отсутствовать силы трения и гидравлические сопротивления в системе. При ходе штанг вниз энергия поднятого столба жидкости будет совершать полезную работу по преодолению сил трения в системе.

Добыча нефти указанным способом происходит следующим образом. При ходе головки балансира вверх плунжер передвигает над собой столб маловязкой жидкости насосно-компрессорных трубах, освобождая под собой объем в цилиндре насоса. По мере движения его вверх давление в цилиндре уменьшается, закрывается нагнетательный клапан, соединяющий полость цилиндра с затрубным пространством. При уменьшении давления в цилиндре до величины, меньшей давления под приемным клапаном, последний открывается и нефть начинает поступать из пласта в полость цилиндра.

Перемещаясь вниз, плунжер поднимает давление в полости цилиндра, закрывается приемный клапан. Давление растет по мере движения плунжера вниз под действием столба маловязкой жидкости над плунжером, открывается нагнетательный клапан и нефть перетекает из полости насоса в затрубное пространство. Дальнейшее передвижение плунжера вниз заставляет нефть перемещаться по затрубному пространству до устья скважина затем поступает в выкидную линию. Затрубное пространство герметизируется пакетом.

Предложенный способ может быть широко использован и для добычи легкой нефти, особенно на тех месторождениях, где применяются глубинно-насосный, фонтанный и компрессорный способы без их разделения одной напорной системе сбора и транспорта. Следовательно, отпадает необходимость при обустройстве нефтяных промыслов строить раздельно системы сбора высокого и низкого давления, а также промежуточные дожимные насосные станции.

Для добычи пластовых жидкостей или нефти с высокими вязкостными характеристиками созданы специальные установки: УГВВ-1, УГВВ-2 и специальные насосы НГТВ-1 и НГТП-1.

В конструктивном исполнении установки и специальные насосы состоят из унифицированных узлов:

- устройства, уплотняющего плунжер, – УУП-1, выполняющего роль цилиндра насоса;
- совмещенного клапанного узла – КС; удлиненного плунжера;
- патрубка-удлинителя.

Унифицированные узлы комплекса технических средств

Цилиндр глубинного насоса УУП-1

Новым узлом в конструкции специальных глубинных насосов является цилиндр, представляющий собой уплотняющее устройство, предназначенное для герметизации плунжера в цилиндре насоса. Цилиндр состоит из корпуса, в котором монтируется два пакета эластичных элементов, разделенных между собой уравнивающей камерой.

Верхний пакет предназначен для герметизации надплунжерного пространства в насосно-компрессорных трубах, а нижний для герметизации внутренней полости цилиндра.

Эластичные элементы изготавливаются из бензостойкой резины и имеют определенную конфигурацию. Форма элемента выбрана таким образом, чтобы обеспечить уплотнение между собой при их сборе в пакеты и в целом пакета с плунжером и корпусом цилиндра. Для создания жесткости элемента внутри него помещается металлическое кольцо. Уравнивающая камера имеет несколько спускных отверстий для соединения полости НКТ с затрубным пространством.

При извлечении плунжера из цилиндра нефть из НКТ перетекает в затрубное пространство. В нижнем пакете монтируется выполненный из капрона «пескобрей», который своими острыми кромками очищает плунжер от налипших механических частиц.

В верхней части корпуса устанавливается направляющая капролоновая втулка.

Пакеты эластичных элементов с двух сторон в корпусе зажимаются специальными гайками, имеющими для этой цели поперечные пазы под ключ. Корпус через пере-

водники соединяется с патрубком-удлинителем, а верхней части насосно-компрессорными трубами. Цилиндр типа УУП-1 применяется во всех установках подъема высоковязких нефтей из скважин.

Совмещенный узел приемного и нагнетательного клапанов

Совмещенный узел типа КС является одним из основных элементов установок для добычи высоковязких нефтей, собираемых на базе комплекса технических средств.

Применяется:

– в глубинно-насосной установке УГВВ-1 для соединения полости насоса с затрубным пространством при ходе плунжера вниз и с подпакерным пространством при ходе плунжера вверх (КС-1);

– в глубинно-насосной установке УГВВ-2 для соединения полости цилиндра с кольцевым пространством между двумя рядами труб при ходе плунжера вниз и с затрубным пространством при ходе плунжера вверх (КС-2);

– в глубинном насосе типа НГТК-1 для соединения полости цилиндра с пространством между кожухом цилиндра и насосно-компрессорными трубами, при ходе плунжера вниз и с затрубным пространством при ходе плунжера вверх.

Разработаны две модификации совмещенного клапана: КС-1 – применяется в установке УГВВ-1, КС-2 – применяется в установках УГВВ-1, НГТК-1. Вторая модификация в отличие от первой имеет на корпусе резьбу для соединения со вторым рядом НКТ.

Совмещенный клапанный узел состоит из корпуса, в котором монтируются в сборе приемный клапан и нагнетательный клапан.

Приемный клапан состоит из пары: седло, шарик.

Узел нагнетательного клапана имеет вертикальные и горизонтальные каналы.

Литература:

1. Антониади Д.Г. Проблемы разработки залежи высоковязкой нефти северокосмольского месторождения / Д.Г. Антониади, Г.Г. Гилаев, К.Э. Джалалов // Интервал. Передовые нефтегазовые технологии. – 2003. – № 4. – С. 38–41.

2. Применение термостойких жидкостей глушения на основе нефтяных эмульсий / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 8. – С. 64–67.

3. Нефтяные залежи в карбонатных отложениях фаменского яруса самарской области: история открытия и перспективы поиска / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 10. – С. 38–40.

4. Толковый словарь по термическим методам воздействия на нефтяные пласты / Д.Г. Антониади [и др.]. – Краснодар, 2002. – 590 с.

5. Гилаев Г.Г. Развитие теории и практики добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов на сложнопостроенных месторождениях : дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2004. – 64 с.

6. Повышение эффективности использования химических реагентов в ОАО НК «Роснефть» / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 11. – С. 22–24.

7. Вопросы эксплуатации пескопроявляющих пластов. влияние пластового давления на вынос песка из коллектора при эксплуатации добывающих скважин / В.Ю. Близиюков [и др.] // Инженер-нефтяник. – 2010. – № 1. – С. 11–22.

8. Гидравлический разрыв пласта как инструмент разработки месторождений Самарской области / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 11. – С. 65–69.

9. Обоснование условий расчета и выбора прочностных характеристик эксплуатационных колонн сладковско-морозовской группы месторождений / В.Ю. Близиюков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 2. – С. 31–38.

10. Близнюков В.Ю. Анализ нарушений эксплуатационных колонн при разработке пескопроявляющих продуктивных пластов с анамально высокими пластовыми давлениями / В.Ю. Близнюков, А.Г. Гилаев, Г.Г. Гилаев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 6. – С. 50–54.
11. Гилаев Г.Г. Исследование и разработка комплекса технологий изоляции водопритоков при строительстве и эксплуатации скважин : дис. ... канд. техн. наук / Тюменский индустриальный университет. – Тюмень, 1999. – 228 с.
12. Диагностирование глубинно-насосных скважин динамометрированием / Г.Г. Гилаев [и др.]. – Ижевск, 2008. – 212 с.
13. Выбор бурового раствора для резки бокового ствола / О.А. Лушпеева [и др.] // Бурение и нефть. – 2002. – № 8. – С. 46–48.
14. Гилаев Г.Г. Перспективы применения кислотного геля для закачки проппанта в процессе проведения гидроразрыва карбонатных пластов на территории самарской области / Г.Г. Гилаев, М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Нефтяное хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 54–57.
15. Методические основы планирования и управления ремонтом скважин / Д.Г. Антониади [и др.]. – М., 2000. – 79 с.
16. Опыт проведения сейсморазведочных работ МОГТ-3D по методике slip-sweep / Г.Г. Гилаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 82–85.
17. Анализ динамики и причины пескований горизонтальных скважин пласта А4-8 федоровского месторождения / М.А. Бурштейн, Г.Г. Гилаев, А.Т. Кошелев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003. – № 1. – С. 11–15.
18. Пескопроявление в добывающих скважинах и нарушение обсадных колонн. оценка закономерностей распределения пластовых, поровых давлений по разрезу скважин сладковско-морозовской группы месторождений / В.Ю. Близнюков [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 1. – С. 17–22.
19. Гилаев Г.Г. Основные аспекты использования кислотного геля для закачки проппанта во время работ по гидроразрыву пласта на карбонатных коллекторах в Волго-уральском регионе / Г.Г. Гилаев, М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2020. – № 4. – С. 33–41.
20. Разработка устройства для осуществления импульсного нестационарного заводнения / Г.Г. Гилаев [и др.] // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2020. – № 4. – С. 68–74.
21. Хабибуллин М.Я. Повышение эффективности избирательной кислотной обработки скважин путем применения точечной гидропескоструйной перфорации / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 2. – С. 146–152.
22. Хабибуллин М.Я. Совершенствование метода и оборудования термокислотного импульсного воздействия / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2020. – Т. 18. – № 5. – С. 72–79.
23. Хабибуллин М.Я. Исследование процесса возбуждения пульсаций в движущемся потоке жидкости в трубопроводе / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2020. – Т. 18. – № 6. – С. 93–98.
24. Гилаев Г.Г. Оценка основных геологических условий залегания эксплуатационных объектов при добыче пластовых флюидов / Г.Г. Гилаев, М.Я. Хабибуллин, А.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 37–44.
25. Хабибуллин М.Я. Методика проектирования преобразующего механизма станков-качалок / М.Я. Хабибуллин, Г.Г. Гилаев, А.Г. Гилаев // Нефтегазовое дело. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 127–134.

Literature:

1. Antoniadis D.G. Problems of development of high-viscosity oil deposit of North-Komsomolskoye field / D.G. Antoniadis, G.G. Gilaev, K.E. Jalalov // *Inter-val. Advanced oil and gas technologies*. – 2003. – № 4. – P. 38–41.
2. Application of heat-resistant killing liquids on the basis of oil emulsions / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil industry*. – 2009. – № 8. – P. 64–67.
3. Oil deposits in carbonate sediments of Famensky stage of Samara region: history of discovery and prospects / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil economy*. – 2013. – № 10. – P. 38–40.
4. Glossary of thermal methods of impact on oil reservoirs / D.G. Antoniadis [et al.]. – Krasnodar, 2002. – 590 p.
5. Gilaev G.G. Development of theory and practice of hard-to-recover hydrocarbon reserves extraction at complexly constructed fields : Ph. D. in Technical Sciences. – Tyumen, 2004. – 64 p.
6. Improving the efficiency of chemical reagents in JSC NK Rosneft / G.G. Gilaev [et al.] // *Neftyanoye upravlenie*. – 2012. – № 11. – P. 22–24.
7. Issues of the exploitation of sand layers. the impact of reservoir pressure on the removal of sand from the reservoir during the operation of producing wells / V.Y. Bliznyukov [et al.] // *Engineer-oilman*. – 2010. – № 1. – P. 11–22.
8. Hydraulic fracturing as a tool for field development in the Samara region / G.G. Gilaev [et al.] // *Neftyanoye upravlenie*. – 2014. – № 11. – P. 65–69.
9. Substantiation of calculation conditions and selection of strength characteristics of production strings of Sladkovsko-Morozovskaya group of fields / V.Y. Bliznyukov [et al.] // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2010. – № 2. – P. 31–38.
10. Bliznyukov V.Y. Analysis of production string violations during development of sand-producing formations with anomalous high reservoir pressures / V.Y. Bliznyukov, A.G. Gilaev, G.G. Gilaev // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2010. – № 6. – P. 50–54.
11. Gilaev G.G. Research and development of a set of technologies of water shut-off during construction and operation of wells: Cand. Technical Sciences / Tyumen Industrial University. – Tyumen, 1999. – 228 p.
12. Diagnosing of the deep pumping wells by a dynamometer / G.G. Gilaev [et al.]. – Izhevsk, 2008. – 212 p.
13. Choice of drilling mud for sidetracking / O.A. Lushpeeva [et al.] // *Drilling and Oil*. – 2002. – № 8. – P. 46–48.
14. Gilaev G.G. Prospects of application of acid gel for proppant injection during hydraulic fracturing of carbonate formations in the Samara region / G.G. Gilaev, M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // *Neftyanoye ekonomika*. – 2020. – № 8. – P. 54–57.
15. Methodical bases of planning and management of well servicing / D.G. Antoniadis [et al.] – M., 2000. – 79 p.
16. Experience of MOGT-3D seismic surveys by slip-sweep technique / G.G. Gilaev [et al.] // *Oil economy*. – 2013. – № 4. – P. 82–85.
17. Analysis of dynamics and reasons of sanding of horizontal wells of formation A4-8 of Fedorovsky field / M.A. Burshtein, G.G. Gilaev, A.T. Koshelev // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2003. – № 1. – P. 11–15.
18. Sand formation in producing wells and violation of the casing. assessment of patterns of reservoir and pore pressure distribution in the section of the wells of Sladkovsko-Morozovskaya group of fields / V.Y. Bliznyukov [et al.] // *Construction of oil and gas wells on land and at sea*. – 2010. – № 1. – P. 17–22.
19. Gilaev G.G. Main aspects of using acid gel for injection of proppant during hydraulic fracturing of carbonate reservoirs in the Volga-Urals region / G.G. Gilaev, M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // *Scientific papers of NIPI Neftegaz GNKAR*. – 2020. – № 4. – P. 33–41.

20. Development of a device for pulse nonstationary flooding / G.G. Gilayev [etc.] // Scientific papers of NIPI Neftegaz SOCAR. – 2020. – № 4. – P. 68–74.
21. Khabibullin M.Y. Increase of efficiency of selective acid treatment of wells through the use of point hydro-sand perforation / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // Proceedings of the Tomsk Polytechnic University. Engineering of georesources. – 2021. – V. 332. – № 2. – P. 146–152.
22. Khabibullin M.Y. Improvement of method and equipment of thermal acid pulse impact / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // Neftegazovoye Delo. – 2020. – V. 18. – № 5. – P. 72–79.
23. Khabibullin M.Y. Research of excitation of pulsations in the moving liquid flow in the pipeline / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev // Neftegazovoye Delo. – 2020. – V. 18. – № 6. – P. 93–98.
24. Gilaev G.G. Estimation of basic geological conditions of production objects occurrence at formation fluids extraction / G.G. Gilaev, M.Y. Khabibullin, A.G. Gilaev // Neftegazovoye Delo. – 2021. – V. 19. – № 2. – P. 37–44.
25. Khabibullin M.Y. Method of designing the transforming mechanism of rocking machines / M.Y. Khabibullin, G.G. Gilaev, A.G. Gilaev // Neftegazovoye Delo. – 2021. – V. 19. – № 2. – P. 127–134.

**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР БУРОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ
МНОГОФАКТОРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОСЛОЖНЕННОСТИ**

**DEVELOPMENT OF FORMULATIONS OF DRILLING PROCESS FLUIDS
FOR CONDITIONS OF MULTIFACTORIAL GEOLOGICAL COMPLICATIONS**

Каменских Сергей Владиславович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры «Бурение скважин» нефтегазового факультета,
Ухтинский государственный технический университет
skamenskih@ugtu.net

Уляшева Надежда Михайловна

кандидат технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Бурение скважин» нефтегазового факультета,
Ухтинский государственный технический университет

Быков Игорь Юрьевич

доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов»
нефтегазового факультета,
Ухтинский государственный технический университет

Аннотация. Представлены результаты разработки рецептур буровых технологических жидкостей, обеспечивающих безаварийное вскрытие и крепление сероводородсодержащих высокопроницаемых горных пород.

Ключевые слова: технологические жидкости, высокопроницаемые породы, сероводород, поглощение, дифференциальные прихваты.

Kamenskikh Sergey Vladislavovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of «Drilling wells»,
Ukhta State Technical University
skamenskih@ugtu.net

Ulyasheva Nadezhda Mikhaylovna

Candidate of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of «Drilling wells»,
Ukhta State Technical University

Bykov Igor Yurievich

Candidate of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department
of «Machinery and Equipment for Oil and Gas Fields»,
Ukhta State Technical University

Annotation. The results of the development of formulations of drilling process fluids are presented, which ensure trouble-free opening and fixing of hydrogen sulfide-containing highly permeable rocks.

Keywords: process fluids, highly permeable rocks, hydrogen sulfide, absorption, differential stuck.

Под многофакторной геологической осложненностью понимается бурение и крепление высокопроницаемых горных пород, вмещающих сероводород. Строительство скважин в подобных условиях довольно часто сопровождается возникновением осложнений, включающих поглощения различной интенсивности, дифференциальные прихваты бурильного инструмента и сероводородную агрессию.

Технологические жидкости (буровые промывочные и тампонажные растворы, кольматирующие и буферные жидкости) в период выполнения своих функций постоянно контактируют и взаимодействуют с высокопроницаемыми горными породами, содержащими сероводород, в результате чего происходит ухудшение параметров бурового раствора, ускоренное разрушение цементного камня, уменьшение объемов промывочного и цементного растворов.

В работе [1] представлены основные пути и направления совершенствования составов технологических жидкостей для безаварийного бурения и крепления интервалов горных пород в условиях многофакторной геологической осложненности.

Буровой промывочный раствор. При бурении скважин буровой раствор взаимодействует с агрессивными флюидами, что вызывает ухудшение его свойств и параметров. Сероводород поступает в буровой раствор вместе с выбуренной породой и из пластов, насыщенных H_2S , а также в результате деструкции высокомолекулярных соединений микроорганизмами, редуцирующими своей деятельностью биогенный сернистый водород, которые в равной степени способствуют практически необратимому изменению свойств промывочных жидкостей. Несмотря на актуальность вопроса о влиянии сероводорода на свойства и параметры буровых растворов, оборудования и инструмента, объем информации об исследованиях в этой области сравнительно невелик, что требует развития уже существующих и разработки новых технологий и рецептур технологических жидкостей для безопасной и надёжной проводки скважин в условиях сероводородной агрессии.

На кафедре бурения ФГБОУ ВО «УГТУ» были проведены экспериментальные исследования микробиологической деструкции высокомолекулярных соединений (ВМС) [2], которые позволили установить, что нагревание полимерных композиций до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, обработанных бактерицидом и $NaOH$, способствует коррозии стали, которая отсутствует при обработке раствора CaO даже без бактерицида. Использование CaO приводит к увеличению ферментативной устойчивости полимерных композиций по сравнению с $NaOH$. Возможно использование композиции без бактерицида, но обработанную CaO .

На основании проведенных исследований [2] разработан безглинистый высокощелочной буровой раствор (RU № 2016126737 А) [3] для качественного и безаварийного вскрытия высокопроницаемых горных пород, вмещающих сероводород, как биогенного, так и природного происхождения за счет его нейтрализации щелочностью промывочной жидкости. Установлено, что разработанный раствор обладает повышенными кольматирующими свойствами, которые были оценены с помощью тестера проницаемости. Низкая материалоемкость раствора и отсутствие бактерицида делают его экономически и экологически более выгодным по сравнению с другими промывочными жидкостями. Поддержание высокой щелочности среды (12,0–12,5) способствует сохранению коррозии бурильного инструмента на приемлемом уровне [4].

Кольматирующая жидкость. Одними из наиболее часто встречаемых видов осложнений при вскрытии высокопроницаемых горных пород, вмещающих H_2S , являются поглощения и дифференциальные прихваты, для предупреждения и ликвидации которых эффективно используют вязкоупругие полимерные составы, не обладающие коррозионной стойкостью к сероводородной агрессии.

На основании проведенных исследований [5] на кафедре бурения ФГБОУ ВО «УГТУ» разработан и оптимизирован состав биополимерной кольматирующей смеси

(БПКС). Смесь обладает достаточной подвижностью при транспортировке, принимает форму кольматируемых объектов (пор и трещин) и переходит в гелеобразное состояние в относительно короткие сроки, то есть обладает вязкоупругими свойствами. БПКС позволяет одновременно эффективно кольматировать высокопроницаемые горные породы и противостоять сероводородной агрессии за счет кольматации порово-трещинного пространства продуктами реакции (сульфидами) гидроксида кальция и сероводорода.

Буферная жидкость. При первичном вскрытии продуктивных пластов применяют специальные промысловые системы, образующие на поверхности фильтрации гидрофильную тонкую и плотную фильтрационную корку, разрушить которую проблематично не только механическим способом, но и применением вязкоупругих составов. Использовать в подобных случаях один, но многоцелевой буфер может оказаться малоэффективным способом. Поэтому предлагается комбинированный буфер, включающий три вида буферных жидкостей: моющая, вязкоупругая и адгезионно-кольматирующая, каждая из которых выполняет определенную функцию.

Моющая буферная жидкость, включающая стабилизатор, неорганический электролит и НТФ, при структурированном режиме течения в кольцевом пространстве обеспечивает разрыхление и разрушение гидрофильных фильтрационных корок, сформированных мало- и безглинистыми буровыми растворами (Optima, Poly Plus и Borgmax), обработанными высокоэффективными полимерными реагентами акрилового или полисахаридного ряда, а также эфирами целлюлозы [6].

В качестве вязкоупругой буферной жидкости предлагается использовать БПКС в объеме 2–3 м³, обладающую вязкоупругими, коррозионностойкими и кольматирующими свойствами. Для усиления кольматирующего эффекта возможна добавка фибры и/или пеностекла.

Адгезионно-кольматирующая буферная жидкость включает базовый цемент ПЦТ I-G СС-1 и газблок с высоким водосмесевым отношением в объеме 2–3 м³ обеспечивает снижение проницаемости сформированной зоны кольматации, уменьшение фильтрационных потерь при цементировании, увеличение адгезионного сцепления цементного камня с горной породой и обсадной колонной.

Реологическая совместимость комбинированной буферной жидкости с буровым и тампонажным растворами, определенная согласно ISO 10426, обеспечивает качественную подготовку ствола скважины перед цементированием в условиях многофакторной геологической осложнённости.

Тампонажная смесь. Одной из важных и сложных задач при строительстве скважин в сероводородсодержащих высокопроницаемых горных породах является их качественная изоляция. Это связано с поглощением тампонажного раствора и недоподъемом его до проектных значений, что осложняется наличием сероводорода, который способствует интенсивной коррозии цементного камня [7, 8 и др.].

На кафедре бурения ФГБОУ ВО «УГТУ» разработан и оптимизирован состав и исследованы свойства облегченной коррозионно-стойкой тампонажной смеси на основе сульфатостойкого портландцемента, обработанного газблоком, расширяющей добавкой и гранулированным пеностеклом (RU № 2741890 С2) [9]. Установлены закономерности изменения основных технологических свойств и параметров тампонажной смеси от концентрации и дисперсности пеностекла. На основании проведенных исследований установлено, что разработанная тампонажная смесь является коррозионно-стойкой и обладает пониженной плотностью и проницаемостью цементного камня, что позволяет использовать ее при цементировании высокопроницаемых интервалов горных пород, вмещающих H₂S.

Таким образом, разработаны рецептуры буровых технологических жидкостей, обеспечивающих качественное и безаварийное вскрытие и крепление сероводородсо-

державших высокопроницаемых горных пород [2–6, 9]. Эффективность использования технологических жидкостей подтверждена промышленными экспериментами в условиях поглощений различной интенсивности и сероводородной агрессии на площадях и месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Литература:

1. Быков И.Ю. Пути совершенствования составов технологических жидкостей при бурении и креплении сероводородсодержащих высокопроницаемых горных пород / И.Ю. Быков, С.В. Каменских, Н.М. Уляшева // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: НТЖ. – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 7. – С. 27–31.
2. Каменских С.В. Сравнительная оценка степени влияния сероводорода на свойства полимерных химических реагентов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: НТЖ. – М. : ВНИИОЭНГ, 2015. – № 12. – С. 25–30.
3. Каменских С.В. Разработка и исследование бурового раствора для безаварийного вскрытия сероводородсодержащих высокопроницаемых горных пород / С.В. Каменских, Н.М. Уляшева // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: НТЖ. – М. : ВНИИОЭНГ, 2019. – № 1. – С. 28–34.
4. Каменских С.В. Оценка влияния сероводорода на породоразрушающий и бурый инструмент // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: НТЖ. – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 3. – С. 21–27.
5. Каменских С.В. Разработка рецептуры биополимерной кольматирующей смеси для ликвидации поглощений в проницаемых горных породах // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: НТЖ. – М. : ВНИИОЭНГ, 2017. – № 7. – С. 15–21.
6. Каменских С.В. Исследование отмывающей способности буферных жидкостей / С.В. Каменских, Н.М. Уляшева // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: НТЖ. – М. : ВНИИОЭНГ, 2018. – № 3. – С. 21–26.
7. Агзамов Ф.А. Долговечность тампонажного камня в коррозионно-активных средах / Ф.А. Агзамов, Б.С. Измухамбетов. – СПб. : ООО «Недра», 2005. – 318 с.
8. Булатов А.И. Заканчивание скважин в условиях проявления сероводорода / А.И. Булатов, А.П. Крезуб. – М. : ВНИИОЭНГ, 1986. – 59 с.
9. Вороник А.М. Разработка и исследование облегченной коррозионностойкой тампонажной смеси для крепления высокопроницаемых горных пород, вмещающих агрессивные флюиды / А.М. Вороник, С.В. Каменских, Н.М. Уляшева // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море: НТЖ. – М. : ВНИИОЭНГ, 2020. – № 1. – С. 40–45.

Literature:

1. Bykov I.Y. Ways to improve the composition of process fluids when drilling and casing hydrogen sulfide-containing highly permeable rocks / I.Y. Bykov, S.V. Kamenskikh, N.M. Ulyasheva // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG. – 2017. – № 7. – P. 27–31.
2. Kamenskikh S.V. Comparative assessment of the degree of influence of hydrogen sulfide on the properties of polymeric chemical reagents // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG. – 2015. – № 12. – P. 25–30.
3. Kamenskikh S.V. Development and research of drilling mud for trouble-free penetration of hydrogen sulfide-containing highly permeable rocks / S.V. Kamenskikh, N.M. Ulyasheva // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG. – 2019. – № 1. – P. 28–34.

4. Kamenskikh S.V. Assessment of the effect of hydrogen sulfide on bit and drilling tools / S.V. Kamenskikh // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG. – 2017. – № 3. – P. 21–27.
5. Kamenskikh S.V. Development of a formulation of a biopolymer clogging mixture to eliminate losses in permeable rocks // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG. – 2017. – № 7. – P. 15–21.
6. Kamenskikh S.V. Investigation of the washing ability of buffer liquids / S.V. Kamenskikh, N.M. Ulyasheva // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG. – 2018. – № 3. – P. 21–26.
7. Agzamov F.A. Durability of plugging stone in corrosive environments / F.A. Agzamov, B.S. Izmukhambetov. – SPb. : LLC «Nedra», 2005. – 318 p.
8. Bulatov, A. I. Well completion under conditions of hydrogen sulfide manifestation / A.I. Bulatov, A.P. Krezub. – M. : VNIIOENG, 1986. – 59 p.
9. Voronik A.M. Development and research of a lightweight corrosion-resistant grouting mixture for fixing highly permeable rocks containing aggressive fluids / A.M. Voronik, S.V. Kamenskikh, N.M. Ulyasheva // Construction of oil and gas wells by land and by sea: Scientific and technical magazine. – M. : VNIIOENG. – 2020. – № 1. – P. 40–45.

**АНАЛИЗ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ**

**ANALYSIS OF GEOMETRIC PROGRAMMING METHOD FOR SOLVING
PROBLEMS OF OPTIMIZATION OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES**

Карандей Владимир Юрьевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий»,
Кубанский государственный технологический университет

Попов Борис Клавдиевич

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет

Попова Ольга Борисовна

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет

Афанасьев Виктор Леонидович

аспирант,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье приведен анализ метода геометрического программирования для решения задач оптимизации специальных электрических приводов. Приведен критический анализ выбранного метода и положительные стороны при использовании метода геометрического программирования для решения задач оптимизации специальных электрических приводов.

Ключевые слова: специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, методы оптимизации, метод геометрического программирования, электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

Karandey Vladimir Yuryevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of «Electricity Supply of Industrial Enterprises»,
Kuban State University of Technology

Popov Boris Klavdievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Kuban State University of Technology

Popova Olga Borisovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Kuban State Technological University

Afanasiev Viktor Leonidovich

Graduate Student,
Kuban State Technological University

Annotation. The article provides an analysis of the geometric programming method for solving problems of optimization of special electric drives. The critical analysis of the selected method and the positive aspects when using the geometric programming method to solve problems of optimization of special electric drives are given.

Keywords: special electric drive, controlled asynchronous cascade electric drive, optimization methods, geometric programming method, electromechanical transformation of energy, electromagnetic system.

Для исследования [1, 2] специальных электрических приводов [3], а также проектирования и создания электрических приводов [4, 5] необходимо разработчикам решить ряд определенных задач [6, 7]. Для их решения необходимо разрабатывать новые подходы [8, 9] и методы определения параметров исследуемых устройств [10, 11]. К таким методам исследования [12, 13] относятся методы оптимизации. Рассмотрим исследование задачи оптимизации специальных электрических приводов с применением метода геометрического программирования для и определения электромагнитных [14, 15] и электромеханических [16, 17] параметров.

Исходя из предварительного рассмотрения проблемы оптимизации новых и специальных типов электрических приводов, укажем на некоторые полезные свойства геометрического программирования.

Геометрическое программирование дает систематический метод для формулировки класса задач оптимизации, возникающих в инженерном проектировании (эти задачи обычно включают функции, которые и нелинейны, и невыпуклы). Нетрудно научиться формулировать задачу оптимизации в виде геометрической программы. Для получения этой формулировки должны быть выбраны соответствующие переменные, а все ограничения выражены неравенствами. Обычные процедуры проектирования допускают ограничения, записанные в виде равенств; геометрическое программирование вскрывает инженеру-проектировщику такие качественные особенности, которые не выявляются при обычном подходе.

Геометрическое программирование дает также систематический метод решения этого класса нелинейных задач оптимизации. Для содержательных задач, с ограничениями или без них, рассматриваемый метод всегда приводит к глобальному, а не только относительному минимуму. Этот минимум равен максимуму двойственной задачи, ограничения которой линейны. Если степень трудности прямой задачи равна нулю, решение двойственной задачи, а следовательно, и решение прямой задачи, сводится к решению системы линейных уравнений. Если степень трудности задачи больше нуля, то соответствующая система линейных уравнений не имеет единственного решения, но все же может быть решена и приводит к переменным весам δ_i , выраженным через другие переменные, называемые базисными (число базисных переменных равно степени трудности). В этом случае двойственная задача может быть перефразирована в терминах базисных переменных. Ограничения на базисные переменные представляют собой линейные неравенства, тогда как ограничения исходной задачи нелинейны. Это свойство двойственной задачи весьма важно, так как с вычислительной точки зрения гораздо легче оперировать с линейными ограничениями.

Использование метода геометрического программирования позволит решать задачи оптимизации специальных электрических приводов и определения параметров [18] исследуемых устройств [19, 20].

Литература:

1. Козярук А.Е. Современные эффективные электроприводы производственных и транспортных механизмов // Электротехника. – 2019. – № 3 – С. 33–37.
2. Avdeev A. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE / A. Avdeev, O. Osipov.

3. Афанасьев В.Л. Управляемый каскадный электрический привод / В.Л. Афанасьев, В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // Патент на полезную модель RU 191959 U1, 28.08.2019. Заявка № 2019111630 от 16.04.2019.
4. Samoseiko V.F. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings – 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2019 / V.F. Samoseiko, A.V. Saushev, N.V. Belousova. – Publisher : IEEE, 2019. – P. 284–289.
5. Blyuk V. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems. Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019 / V. Blyuk, M. Ershov, A. Komkov. – 2019. – P. 686–689.
6. Andreev N.K. Influence of sensitivity and specificity of measuring methods on their informativity and hardware requirements. E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019. № 05043. – URL : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>
7. Abdulhy Al-Ali M.A. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing stations) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil Rumaila field. Power engineering: research, equipment, technology / M.A. Abdulhy Al-Ali, V.Yu. Kornilov, A.G. Gorodnov. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
8. Гуляев А.В. Определение влияния способов широтно-импульсной модуляции на потери мощности в асинхронном двигателе // Электротехника. – 2018. – № 9. – С. 74–76,
9. Бабанова И.С. Управление режимами работы электроприводного агрегата на основе нейросетевого диагностирования и оценки технического состояния / И.С. Бабанова, Ю.Л. Жуковский, Н.А. Королёв // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2018. – № 1–2. – С. 26–36.
10. Комков А.Н. Исследование взаимного влияния асинхронных электроприводов центробежных насосов в составе электротехнической системы / А.Н. Комков, М.Ю. Чернев, В.В. Блюк // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2019. – Т. 62. – № 5. – С. 62–67.
11. Жуковский Ю.Л. Способ диагностики технического состояния и оценки остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем / Ю.Л. Жуковский, И.С. Бабанова, Н.А. Королёв // Патент на изобретение RU 2626231 C1, 24.07.2017. Заявка № 2016144271 от 10.11.2016.
12. Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use. Machines / V.R. Gasiyarov [et al.]. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76.
13. Власьевский С.В. Сравнение расчетных сил тяги по сцеплению электровозов переменного тока с асинхронным и коллекторным приводом / С.В. Власьевский, О.А. Малышева, О.В. Мельниченко // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2018. – № 5. – С. 30–36.
14. Карандей В.Ю. Математическое моделирование каскадных асинхронных электроприводов : в 3 т. : монография / ФГБОУ ВПО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – Т. 1: Математическое моделирование магнитных систем электропривода. – 2014. – 142 с.
15. Карандей В.Ю. Концепция расчета магнитной системы асинхронного двигателя специального электропривода / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. Научно-технический журнал. – 2008. – № 1. – С. 101–103.
16. Определение электромагнитной энергии и момента в каскадном электрическом приводе / В.Ю. Карандей [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 464–481.

17. Карандей В.Ю. Программа расчета параметров и анимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / В.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, А.В. Базык // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2015615828, зарегистрировано 25.05.2015 г.

18. Карандей В.Ю. Программа расчета параметров и самоанимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, А.В. Базык // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015615826 от 25 мая 2015 г.

19. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751.

20. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies. – 2019. – P. 69–74.

Literature:

1. Kozyaruk A.E. Modern effective electric drives of production and transport mechanisms // *Electrotechnika*. – 2019. – Vol. 3. – P. 33–37.

2. Avdeev A. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE / A. Avdeev, O. Osipov.

3. Afanasyev V.L. The controlled cascade electric drive / V.L. Afanasyev, V.Yu. Karandey, B.K. Popov, patent for utility model № RU 191959 U1, is registered 28.08.2019, application № 2019111630 here 16.04.2019.

4. Samoseiko V.F. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings-2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, Ural-Con 2019 / V.F. Samoseiko, A.V. Saushev, N.V. Belousova. – Publisher : IEEE, 2019. – P. 284–289.

5. Blyuk V. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems. Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019 / V. Blyuk, M. Ershov, A. Komkov. – 2019. – P. 686–689.

6. Andreev N.K. Influence of sensitivity and specificity of measuring methods on their informativity and hardware requirements. E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019. № 05043. – URL : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>

7. Abdulhy Al-Ali M.A. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing station ds) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil rumaila field. Power engineering: research, equipment, technology / M.A. Abdulhy Al-Ali, V.Yu. Kornilov, A.G. Gorodnov. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.

8. Gulyaev A.V. Definition of influence of ways of pulse width modulation on power losses in the asynchronous motor // *Electrotechnika*. – 2018. – Vol. 9. – P. 74–76.

9. Babanova I.S. The control of operating modes of the electric drive unit based on neural network diagnosis and evaluation of the technical condition. Electrical equipment: operation and repair / I.S. Babanova, Yu.L. Zhukovsky, N.A. Korolev. – 2018. – № 1–2. – P. 26–36.

10. Komkov A.N. The research of the mutual influence of asynchronous electric drives of centrifugal pumps in the composition of the electrotechnical system / A.N. Komkov, M.Yu. Chernev, V.V. Bliuk // *Electromecanics*. – 2019. – Vol. 62. – № 5. – P. 62–67.

11. Zhukovsky Yu.L. Method of diagnostics of technical condition and electromechanical device remaining lifetime estimation with asynchronous motor / Yu.L. Zhukovsky,

I.S. Babanova, N.A. Korolev // Patent for invention RU 2626231 C1, 24.07.2017. Application № 2016144271 here 10.11.2016.

12. Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use. *Machines* / V.R. Gasiyarov [et al.]. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76.

13. Vlasyevskiy S.V. Comparison of calculation traction forces on the adhesion of ac electric locomotives with an asynchronous and collector drives, *Electronics and electric equipment of transport* / S.V. Vlasyevskiy, O.A. Malysheva, O.V. Melnichenko. – 2018. – Vol. 5. – P. 30–36.

14. Karandey V.Y. Mathematical modeling of cascaded asynchronous electric drives : in 3 t : monograph / FGBOU HPE «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – South. – Vol. 1: Mathematical modeling of magnetic systems of the electric drive. – 2014. – 142 p.

15. Karandey V.Y. The concept of calculating the magnetic system of the asynchronous motor of a special electric drive / V.Yu. Karandey, B.K. Popov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Food technology. Scientific and technical journal.* – 2008. – № 1. – P. 101–103.

16. Definition of electromagnetic energy and moment in the cascade electric drive / V.Yu. Karandey [et al.] // *Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university (The scientific magazine of KUBGAU) [An electronic resource].* – Krasnodar : KubGAU, 2014. – № 97. – P. 464–481.

17. Karandey V.Yu. Program for calculation of parameters and animated construction of magnetic flux of component of asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, V.L. Afanasyev, A.V. Bazik // Certificate on official registration of the computer program RU № 2015615828, is registered 25.05.2015.

18. Karandey V.Yu. Program of calculation of parameters and samoanimatsionny creation of a potokoraspredeleniye of a component of the asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, Yu.Yu. Karandey, A.V. Bazyk // The certificate on official registration of the computer program № 2015615826 of May 25, 2015.

19. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751.

20. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies. – 2019. – P. 69–74.

**АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ДВОЙСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ МЕТОДА
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ОПТИМИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ**

**ANALYSIS OF SOLUTION OF DUAL PROBLEM OF GEOMETRIC
PROGRAMMING METHOD FOR SOLUTION OF PROBLEMS
OF OPTIMIZATION OF SPECIAL ELECTRIC DRIVES**

Карандей Владимир Юрьевич

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий»,
Кубанский государственный технологический университет

Попов Борис Клавдиевич

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет

Попова Ольга Борисовна

кандидат технических наук, доцент,
Кубанский государственный технологический университет

Афанасьев Виктор Леонидович

аспирант,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В статье приведен анализ решения двойственной задачи метода геометрического программирования для оптимизации специальных электрических приводов. Приведен критический анализ выбранного метода решения двойственной задачи и положительные стороны при использовании метода геометрического программирования для оптимизации специальных электрических приводов.

Ключевые слова: специальный электрический привод, управляемый асинхронный каскадный электропривод, методы оптимизации, метод геометрического программирования, двойственная задача, электромеханическое преобразование энергии, электромагнитная система.

Karandey Vladimir Yuryevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of «Electricity Supply of Industrial Enterprises»,
Kuban State University of Technology

Popov Boris Klavdievich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Kuban State University of Technology

Popova Olga Borisovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Kuban State Technological University

Afanasiev Viktor Leonidovich

Graduate Student,
Kuban State Technological University

Annotation. The article provides an analysis of the solution of the dual problem of the geometric programming method for optimizing special electric drives. A critical analysis of the chosen method of solving the dual problem and the positive aspects when using the geometric programming method to optimize special electric drives is given.

Keywords: special electric drive, controlled asynchronous cascade electric drive, optimization methods, geometric programming method, dual problem, electromechanical transformation of energy, electromagnetic system.

Для исследования [1, 2] специальных электрических приводов [3], а также проектирования и создания электрических приводов [4, 5] необходимо разработчикам решить ряд определенных задач [6, 7], в том числе двойственную задачу при оптимизации. Для их решения необходимо разрабатывать новые подходы [8,9] и методы определения параметров исследуемых устройств [10, 11]. К таким методам исследования [12, 13] относятся методы оптимизации. Рассмотрим исследование двойственной задачи при оптимизации специальных электрических приводов с применением метода геометрического программирования для и определения электромагнитных [14, 15] и электромеханических [16, 17] параметров.

В некоторых задачах все ограничения прямой задачи активны. В этом случае ограничения двойственной задачи – линейные неравенства – неактивны. Следовательно, двойственная задача по существу не имеет ограничений, а это весьма важное свойство с вычислительной точки зрения. При этом двойственная задача может быть легко решена стандартными численными методами при помощи вычислительных машин.

Каждое значение двойственной функции представляет собой нижнюю границу минимального значения исходной функции. Более того, максимизирующая последовательность для переменных весов δ_i порождает минимизирующую последовательность для переменных проекта t_j . Таким образом, мы получаем возрастающую последовательность нижних границ и убывающую последовательность верхних границ минимального значения исходной функции. Так как минимальное значение прямой функции равно максимальному значению двойственной функции, то это общее оптимальное значение может быть аппроксимировано с произвольной заданной точностью.

Двойственная задача не только является математическим построением, а имеет определенную техническую интерпретацию. Между весами δ_i и членами полиномов прямой задачи имеется взаимно однозначное соответствие, при этом в точке оптимума веса δ_i представляют собой относительные величины этих членов. Кроме того, двойственная задача имеет некоторые внутренние особенности, которые дают качественную информацию о прямой задаче. Эта информация может быть получена из постоянных, которые называются базисными постоянными и появляются при переформулировке двойственной задачи. Более того, эта информация может быть получена сразу, до выполнения численной оптимизации. По существу базисные постоянные дают размерностный анализ прямой задачи. Из этого анализа можно определить все возможные коэффициенты, которые дают то же минимальное значение. В дополнение может быть получена формула для вариации минимального значения при глобальных изменениях некоторых коэффициентов. Если известны оптимальные значения параметров при некоторых значениях коэффициентов, то могут быть определены вариации оптимальных значений параметров при малых изменениях этих коэффициентов. Эти формальные свойства двойственной программы помогают инженеру понять важность как фиксированных, так и управляемых параметров задачи оптимизации.

Использование метода геометрического программирования позволит решать задачи оптимизации специальных электрических приводов и определения параметров [18] исследуемых устройств [19, 20].

Литература:

1. Козярук А.Е. Современные эффективные электроприводы производственных и транспортных механизмов // *Электротехника*. – 2019. – № 3 – С. 33–37.
2. Avdeev A. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE / A. Avdeev, O. Osipov.
3. Афанасьев В.Л. Управляемый каскадный электрический привод / В.Л. Афанасьев, В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // Патент на полезную модель RU 191959 U1, 28.08.2019. Заявка № 2019111630 от 16.04.2019.
4. Samoseiko V.F. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings – 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2019 / V.F. Samoseiko, A.V. Saushev, N.V. Belousova. – Publisher : IEEE, 2019. – P. 284–289.
5. Blyuk V. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems. Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019 / V. Blyuk, M. Ershov, A. Komkov. – 2019. – P. 686–689.
6. Andreev N.K. Influence of sensitivity and specificity of measuring methods on their informativity and hardware requirements. E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019. № 05043. – URL : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>
7. Abdulhy Al-Ali M.A. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing station ds) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil rumaila field. Power engineering: research, equipment, technology / M.A. Abdulhy Al-Ali, V.Yu. Kornilov, A.G. Gorodnov. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.
8. Гуляев А.В. Определение влияния способов широтно-импульсной модуляции на потери мощности в асинхронном двигателе // *Электротехника*. – 2018. – № 9. – С. 74–76,
9. Бабанова И.С. Управление режимами работы электроприводного агрегата на основе нейросетевого диагностирования и оценки технического состояния / И.С. Бабанова, Ю.Л. Жуковский, Н.А. Королев // *Электрооборудование: эксплуатация и ремонт*. – 2018. – № 1–2. – С. 26–36.
10. Комков А.Н. Исследование взаимного влияния асинхронных электроприводов центробежных насосов в составе электротехнической системы / А.Н. Комков, М.Ю. Чернев, В.В. Блюк // *Известия высших учебных заведений. Электромеханика*. – 2019. – Т. 62. – № 5. – С. 62–67.
11. Жуковский Ю.Л. Способ диагностики технического состояния и оценки остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем / Ю.Л. Жуковский, И.С. Бабанова, Н.А. Королёв // Патент на изобретение RU 2626231 С1, 24.07.2017. Заявка № 2016144271 от 10.11.2016.
12. Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use. Machines / V.R. Gasiyarov [et al.]. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76.
13. Власьевский С.В. Сравнение расчетных сил тяги по сцеплению электровозов переменного тока с асинхронным и коллекторным приводом / С.В. Власьевский, О.А. Малышева, О.В. Мельниченко // *Электроника и электрооборудование транспорта*. – 2018. – № 5. – С. 30–36.
14. Карандей В.Ю. Математическое моделирование каскадных асинхронных электроприводов : в 3 т. : монография / ФГБОУ ВПО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – Т. 1: Математическое моделирование магнитных систем электропривода. – 2014. – 142 с.
15. Карандей В.Ю. Концепция расчета магнитной системы асинхронного двигателя специального электропривода / В.Ю. Карандей, Б.К. Попов // *Известия высших*

учебных заведений. Пищевая технология. Научно-технический журнал. – 2008. – № 1. – С. 101–103.

16. Определение электромагнитной энергии и момента в каскадном электрическом приводе / В.Ю. Карандей [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 464–481.

17. Карандей В.Ю. Программа расчета параметров и анимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / В.Ю. Карандей, В.Л. Афанасьев, А.В. Базык // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2015615828, зарегистрировано 25.05.2015 г.

18. Карандей В.Ю. Программа расчета параметров и самоанимационного построения потокораспределения компонента асинхронного каскадного электропривода / В.Ю. Карандей, Ю.Ю. Карандей, А.В. Базык // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2015615826 от 25 мая 2015 г.

19. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019). – 2019. – P. 8934751.

20. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // 5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies. – 2019. – P. 69–74.

Literature:

1. Kozyaruk A.E. Modern effective electric drives of production and transport mechanisms // *Electrotechnika*. – 2019. – Vol. 3. – P. 33–37.

2. Avdeev A. PMSM identification using genetic algorithm 26th International Workshop on Electric Drives: Improvement in Efficiency of Electric Drives, IWED 2019 – Proceedings. 26, 2019, Publisher: IEEE / A. Avdeev, O. Osipov.

3. Afanasyev V.L. The controlled cascade electric drive / V.L. Afanasyev, V.Yu. Karandey, B.K. Popov, patent for utility model № RU 191959 U1, is registered 28.08.2019, application № 2019111630 here 16.04.2019.

4. Samoseiko V.F. Asynchronous motor control algorithm with parameter identification. Proceedings-2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, Ural-Con 2019 / V.F. Samoseiko, A.V. Saushev, N.V. Belousova. – Publisher : IEEE, 2019. – P. 284–289.

5. Blyuk V. Models and algorithms for quick calculation of electromechanical transition processes of multi-machine electrotechnical systems. Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019 / V. Blyuk, M. Ershov, A. Komkov. – 2019. – P. 686–689.

6. Andreev N.K. Influence of sensitivity and specificity of measuring methods on their informativity and hardware requirements. E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019. № 05043. – URL : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912405043>

7. Abdulhy Al-Ali M.A. Optimize the performance of electrical equipment in gas separation stations (degassing station ds) and electrical submersible pumps of oil equipment for oil rumaila field. Power engineering: research, equipment, technology / M.A. Abdulhy Al-Ali, V.Yu. Kornilov, A.G. Gorodnov. – 2019. – Vol. 21. – № 1–2. – P. 141–145.

8. Gulyaev A.V. Definition of influence of ways of pulse width modulation on power losses in the asynchronous motor // *Electrotechnika*. – 2018. – Vol. 9. – P. 74–76.

9. Babanova I.S. The control of operating modes of the electric drive unit based on neural network diagnosis and evaluation of the technical condition. Electrical equipment: operation and repair / I.S. Babanova, Yu.L. Zhukovsky, N.A. Korolev. – 2018. – № 1–2. – P. 26–36.

10. Komkov A.N. The research of the mutual influence of asynchronous electric drives of centrifugal pumps in the composition of the electrotechnical system / A.N. Komkov, M.Yu. Chernev, V.V. Bliuk // *Electromechanics*. – 2019. – Vol. 62. – № 5. – P. 62–67.
11. Zhukovsky Yu.L. Method of diagnostics of technical condition and electromechanical device remaining lifetime estimation with asynchronous motor / Yu.L. Zhukovsky, I.S. Babanova, N.A. Korolev // Patent for invention RU 2626231 C1, 24.07.2017. Application № 2016144271 here 10.11.2016.
12. Dynamic torque limitation principle in the main line of a mill stand: explanation and rationale for use. *Machines* / V.R. Gasiyarov [et al.]. – 2019. – Vol. 7. – № 4. – P. 76.
13. Vlasyevskiy S.V. Comparison of calculation traction forces on the adhesion of ac electric locomotives with an asynchronous and collector drives, *Electronics and electric equipment of transport* / S.V. Vlasyevskiy, O.A. Malysheva, O.V. Melnichenko. – 2018. – Vol. 5. – P. 30–36.
14. Karandey V.Y. Mathematical modeling of cascaded asynchronous electric drives : in 3 t : monograph / FGBOU HPE «KubGTU». – Krasnodar : Publishing House – South. – Vol. 1: Mathematical modeling of magnetic systems of the electric drive. – 2014. – 142 p.
15. Karandey V.Y. The concept of calculating the magnetic system of the asynchronous motor of a special electric drive / V.Yu. Karandey, B.K. Popov // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Food technology. Scientific and technical journal*. – 2008. – № 1. – P. 101–103.
16. Definition of electromagnetic energy and moment in the cascade electric drive / V.Yu. Karandey [et al.] // *Polythematic network electronic scientific magazine of the Kuban state agricultural university (The scientific magazine of KUBGAU) [An electronic resource]*. – Krasnodar : KubGAU, 2014. – № 97. – P. 464–481.
17. Karandey V.Yu. Program for calculation of parameters and animated construction of magnetic flux of component of asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, V.L. Afanasyev, A.V. Bazik // Certificate on official registration of the computer program RU № 2015615828, is registered 25.05.2015.
18. Karandey V.Yu. Program of calculation of parameters and samoanimatsionny creation of a potokoraspredeleniye of a component of the asynchronous cascade electric drive / V.Yu. Karandey, Yu.Yu. Karandey, A.V. Bazyk // The certificate on official registration of the computer program № 2015615826 of May 25, 2015.
19. Research dynamics of change of electromagnetic parameters of controlled special electric drives / V.Yu. Karandey [et al.] // *2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon-2019)*. – 2019. – P. 8934751.
20. Research of electromagnetic parameters for improvement of efficiency of special electric drives and components / V.Yu. Karandey [et al.] // *5th International Conference on Power Generation Systems and Renewable Energy Technologies*. – 2019. – P. 69–74.

РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОГО МОДУЛЯ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИН

DEVELOPMENT OF A WELL KILLING DESIGN MODULE

Климанова Дарья Александровна

магистр,
кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
klimanova.dasha@mail.ru

Мозговой Георгий Сергеевич

старший преподаватель,
кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
gsmozgovo@mail.ru

Никитин Василий Игоревич

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
nikitinv@list.ru

Аннотация. В данной работе описывается расчетный модуль глушения скважин, позволяющий облегчить процесс определения параметров, необходимых для проведения безаварийных работ по глушению скважины. Главной задачей расчетного модуля является обеспечение условий для оперативного и качественного глушения скважин.

Ключевые слова: глушение, скважина, расчетный модуль.

Klimanova Daria Aleksandrovna

Master,
Department «Drilling Oil and Gas Wells»,
Institute of Oil and Gas Technologies,
Samara State Technical University
klimanova.dasha@mail.ru

Mozgovoy Georgy Sergeevich

Senior Lecturer of the Department of «Oil and Gas Wells Drilling»,
Institute of Oil and Gas Technologies,
Samara State Technical University
gsmozgovo@mail.ru

Nikitin Vasiliy Igorevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Department «Drilling Oil and Gas Wells»,
Institute of Oil and Gas Technologies,
Samara State Technical University
nikitinv@list.ru

Annotation. This paper describes the calculation module of well killing operation, which makes it easier to determine the parameters for carrying out trouble-free work on it. The main task of the calculation module is to provide conditions for rapid and high-quality well killing operation.

Keywords: well killing operation, well bore, calculation module.

Глушение скважины является достаточно распространённой операцией не только при проведении спуска в скважину специального оборудования, но и при проведении ремонтных работ [1, 2]. Выбор параметров глушения является очень важной задачей, так как в результате неверно подобранных значений снижается качество проводимых работ и возникают физико-химические реакции, приводящие к снижению проницаемости призабойной зоны [3, 4].

Для обеспечения безаварийного и качественного глушения скважин был разработан расчётный модуль.

Назначение

Модуль предназначен для проведения расчетов, необходимых для глушения скважин. Позволяет облегчить процесс определения параметров водно-солевого и эмульсионного растворов глушения, требуемого количества химических реагентов и величины гидростатического давления для безопасного проведения работ. Расчётный модуль представлен в программе для работы с электронными таблицами Microsoft Office Excel.

Работа с программой

Для начала работы необходимо открыть файл XLSX. При запуске программы открывается основной экран расчётного модуля – расчёт параметров глушения (рис. 1). Необходимо ввести исходные данные в соответствующие поля. Для выбора данных нужно кликнуть левой кнопкой мыши по стрелке, сплывающей рядом с ячейкой (рис. 2). Чтобы ввести данные самостоятельно, необходимо кликнуть 2 раза левой кнопкой мыши по ячейке и написать в ней соответствующее значение (рис. 3).

РАСЧЕТНЫЙ МОДУЛЬ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИН

ИСХОДНЫЕ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫЕ ДАННЫЕ

Тип скважины	наклон. назар.
Категория скважины	I
Индекс пласта	С661
Тип коллектора	гравулярный
Глубина верхних перфорационных отверстий по колонне (кромки верхнего продуктивного интервала), м	2180,0
Глубина нижних перфорационных отверстий по колонне (подшвы нижнего продуктивного интервала), м	2200,0
Отклонение скважины (продуктивного интервала) от вертикали, °	5
Текущее пластовое давление, МПа	22,0
Текущий забой скважины, м	2400,0

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СКВАЖИНЫ

Эксплуатационная колонна	I	Длина секции, м	900,0
		Внешний диаметр, мм	146,0
		Толщина стенки, мм	8,9
	II	Длина секции, м	800,0
		Внешний диаметр, мм	146,0
		Толщина стенки, мм	7,7
	III	Длина секции, м	2000,0
		Внешний диаметр, мм	146,0
		Толщина стенки, мм	7,3
I	Длина секции, м	100,0	
	Внешний диаметр, мм	73,0	
	Толщина стенки, мм	4,8	

Рисунок 1 – Расчётный модуль глушения

НЕОБХОДИМОЕ КОЛИЧЕСТВО ХИМРЕАГЕНТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

Эмульсионный раствор щадящего глушения - 12 м3	Эмульгатор "Emultech", м ³	0,80
	Вид утяжелителя для воды затворения эмульсионного раствора глушения	CaCl2
	Количество утяжелителя, т	3,940
	Объем исходной воды затворения, м ³	9,88
Плотность исходной воды затворения, г/см ³		1,000
Водно-солевой раствор глушения (основной объем) - 19,47 м3	Вид утяжелителя для воды затворения водно-солевого раствора глушения	CaCl2
	Количество утяжелителя, т	4,476
	Объем исходной воды затворения, м ³	18,21
Плотность исходной воды затворения, г/см ³		1,000
Водно-солевой раствор глушения (запасной объем) - 27,74 м3	Количество утяжелителя, т	6,375
	Объем исходной воды затворения, м ³	25,94

ПРОВЕРКА РАСЧЕТОВ

Ожидаемое гидростатическое давление на пласт при глушении скважины, МПа	Оптимальный дизайн	25,38
Превышение гидростатического давления глушения над пластовым давлением, МПа		3,38 (15,4%)
Высота эмульсионного раствора над продуктивным интервалом, м		667,2 м
Общая высота столба эмульсии в скважине, м		887,2
Высота столба воды, м		1512,8

Рисунок 5 – Расчёт значений модулем

Расчётный модуль глушения скважины позволяет быстро и максимально просто рассчитать требуемые параметры, необходимые для проведения качественного и безаварийного глушения скважин.

Литература:

1. Технологические основы освоения и глушения нефтяных и газовых скважин : учеб. для вузов / Ю.М. Басарыгин [и др.]. – М. : ООО «Недра – Бизнесцентр», 2001. – 543 с.
2. Климанова Д.А. Исследование фильтрации эмульсионных составов при глушении скважин / Д.А. Климанова, Г.С. Мозговой, В.И. Никитин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 3. – С. 19–22.
3. Климанова Д.А. Обоснование применения эмульсионных составов для щадящего глушения скважины / Д.А. Климанова, Г.С. Мозговой, В.И. Никитин // Нефть. Газ. Новации. – 2020. – № 1. – С. 72–74.
4. Климанова Д.А. Исследования по определению физических параметров составов для глушения скважины / Д.А. Климанова, Г.С. Мозговой, В.И. Никитин // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 3. – С. 139 – 141.

Literature:

1. Technological bases of development and killing of oil and gas wells : textbook for high schools / Yu.M. Basarygin [et al.]. – М. : LLC «Nedra – Business Center», 2001. – 543 p.
2. Klimanova D.A. Research of filtration of emulsion compositions when killing wells / D.A. Klimanova, G.S. Mozgovoy, V.I. Nikitin // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 3. – P. 19–22.
3. Klimanova D.A. Justification of application of emulsion compositions for sparing well killing / D.A. Klimanova, G.S. Mozgovoy, V.I. Nikitin // Oil. Gas. novation. – 2020. – № 1. – P. 72–74.
4. Klimanova D.A. Research to determine the physical parameters of compositions for well killing / D.A. Klimanova, G.S. Mozgovoy, V.I. Nikitin // Bulatov readings. – 2020. – V. 3. – P. 139 –141.

**МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ АРГИЛЛИТОВ И ПОИСК РЕШЕНИЙ
ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ИХ ОБВАЛООБРАЗОВАНИЙ, С ПОМОЩЬЮ
МЕХАНИЗМА ТРОЙНОГО ИНГИБИРОВАНИЯ**

**MECHANISMS OF DESTRUCTION OF MUDSTONES AND SEARCH
FOR SOLUTIONS TO PREVENT THEIR COLLAPSE, USING
THE TRIPLE INHIBITION MECHANISM**

Ковалева Ксения Олеговна

студент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
kovaleva.bur@mail.ru

Нечаева Ольга Александровна

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
директор «Института нефтегазовых технологий»,
Самарский государственный технический университет
nechaevaola@gmail.com

Аннотация. В данной работе рассмотрены механизмы разрушения глинистых пород, в частности аргиллитов, которые по своему существу склонны к обвалообразованиям в процессе бурения нефтяных и газовых скважин. Кроме того предложен способ предотвращения разрушения аргиллитов, с помощью бурового раствора тройного ингибирования.

Ключевые слова: аргиллиты, обвалообразования, осыпи и обвалы, ингибирование, буровой раствор тройного ингибирования.

Kovaleva Kseniia Olegovna

Student of the Department «Drilling Oil and Gas Wells»,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
kovaleva.bur@mail.ru

Nechaeva Olga Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department «Drilling Oil and Gas Wells»,
Director of Institute «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
nechaevaola@gmail.com

Annotation. In this paper, the mechanisms of destruction of clay rocks, in particular mudstones, which are inherently prone to collapse during the drilling of oil and gas wells, are considered. In addition, a method for preventing the destruction of mudstones by using triple inhibition drilling mud is proposed.

Keywords: mudstones, landslides, scree and landslides, inhibition, drilling mud of triple inhibition.

На сегодняшний день проблема неустойчивости глинистых пород, в частности аргиллитов, является актуальной при строительстве нефтяных и газовых скважин. Результатом чего является потеря устойчивости ствола скважины, осложнение процесса бурения, а также снижение его технико-экономических показателей. Как правило, потеря стабильности ствола скважины наблюдается при прохождении уплотненных глин, аргиллитов или глинистых сланцев. Для возможности предупредить и ликвидировать обвалообразования аргиллитов, необходимо разобраться с механизмами предшествующими его разрушению.

Сохранение устойчивости стенок ствола скважины, сложенной деформационно-неустойчивыми глинистыми отложениями, обусловлена одновременным комплексным взаимодействием множества факторов, таких как плотность, физико-химические свойства бурового раствора и нестабильного сланца, прочностью и анизотропией горной породы, конструкцией и траекторией скважины, термобарическими условиями в скважине и вибрациями бурильной колонны. Комплексное воздействие выше перечисленных факторов, создают дисбаланс между напряжениями в горной породе, создавая в ней микротрещины и снижая ее прочность.

Практика бурения скважин показала, что наиболее перспективным методом борьбы с обвалообразованием глинистых пород, является применение ингибирующих растворов. Одним из решений предотвращения осыпей и обвалов горизонтов, сложенных аргиллитами с прослойками глин различного типа предлагается использовать промывочную систему на водной основе. Суть системы заключается в механизме тройного ингибирования породы, реагентами которого являются органический и неорганический ингибиторы, а также высокомолекулярный инкапсулятор. Неорганический ингибитор – хлорид калия: данный реагент является коагулянтам коллоидной глинистой фазы. Органический ингибитор – полиэколь: с помощью него достигается синергетический эффект с хлоридом калия, подавление гидратации глин, уменьшение пространства между глинистыми пластинками, минимизация расклинивающего эффекта воды. Высокомолекулярный инкапсулятор – натриевый нефтяной сульфат «ПДС» содержащий различные водо-, водомасло- и маслорастворимые анионные ПАВ (натриевые соли ароматических сульфокислот различного строения, нефтяные сульфонаты). Для повышения поверхностной активности ПАВ, а также расширения молекулярно-массового распределения анионных ПАВ, в образцах продукта содержатся ПАВ димерного строения, которые обладают более высокой поверхностной активностью, позволяющее снизить межфазное натяжение и критическую концентрацию мицеллообразования [2].

Ингибирующую способность исследуемого раствора оценивали показателем линейного набухания. В ходе эксперимента использовали четыре образца шлама и четыре исследуемые жидкости: ингибирующий буровой раствор с ПАВ, гель – раствор [3], глинистый (бентонитовый) раствор и вода. На графике (рис. 1) показана зависимость набухания образца породы от времени набухания за 120 ч. В результате исследования было установлено, что образцы шлама, отобранного из интервала, сложенного аргиллитами, в разной степени подвержены разрушениям и набуханию. Также зафиксировано, что при взаимодействии с раствором тройного ингибирования показаны наилучшие результаты – отсутствие динамики набухания и установившееся стабильное поведение на протяжении всего времени исследования

Способность предложенной промывочной системы предотвратить процессы увлажнения, набухания и диспергирования горной породы позволяет сохранить целостность стенок скважины. Предотвращение поступления влаги из бурового раствора и его фильтрата в породу минимизирует разрушение её структуры, тем самым предупреждая обвалы и осыпи. Замедление гидратирования аргиллита достигается путем инкапсуляции образца шлама.

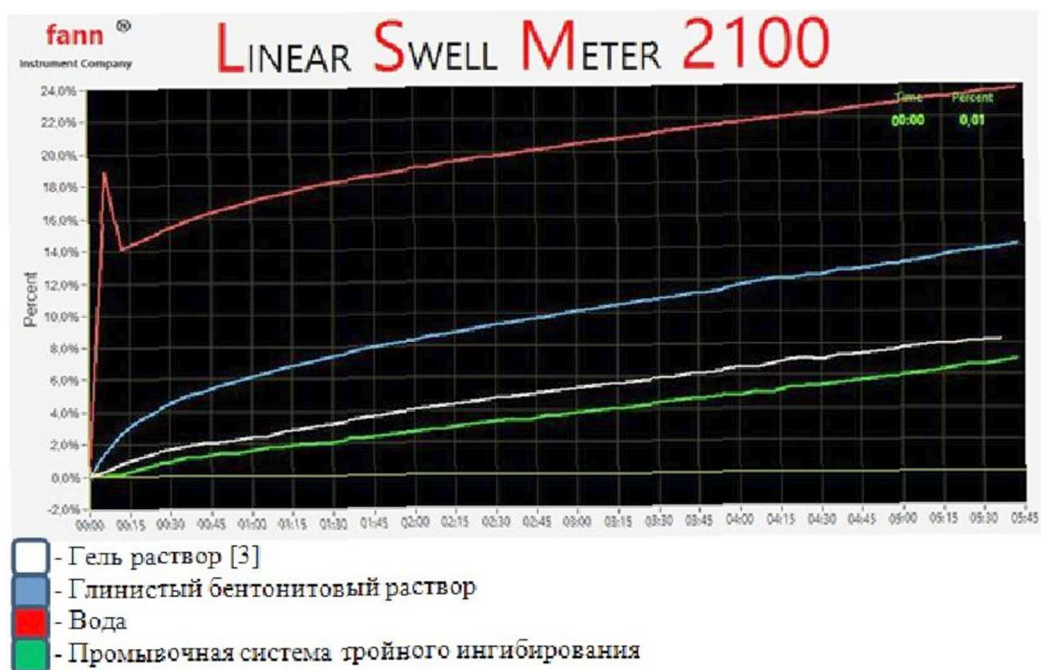


Рисунок 1 – Зависимость показателя набухания глинистого образца от времени

По результатам первого этапа исследований определено, что при линейном набухании образцов наилучшими ингибирующими свойствами обладает предложенная промывочная жидкость с поверхностно-активными веществами димерного строения. На этом основании промывочную систему с механизмом тройного ингибирования можно рекомендовать для предупреждения обвалов и осыпей неустойчивых стенок скважины при бурении нефтяных и газовых скважин.

Литература:

1. Мосин В.А. Устойчивость глинистых пород при бурении нефтяных и газовых скважин. – 2017. – 413 с.
2. Натриевый нефтяной сульфонат «ПДС», технические условия.
3. Нечаева О.А. Обоснование и разработка многофункционального бурового раствора на основе синтезируемых гелей для строительства скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2012. – № 5. – С. 40–43.

Literature:

1. Mosin V.A. Stability of clay rocks during drilling of oil and gas wells. – 2017. – 413 p.
2. Sodium petroleum sulfonate «PDS», technical specifications. TU20. 59.
3. Nechaeva O.A. Substantiation and development of a multifunctional drilling mud based on synthesized gels for the construction of wells // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2012. – № 5. – P. 40–43.

**ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОФАЗНОГО ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ
В ТРАНСФОРМАТОРНОМ УСТРОЙСТВЕ С КОРОТКОЗАМКНУТОЙ
ОБМОТКОЙ И ОЦЕНКА ЕГО КАЧЕСТВА**

**FORMATION OF A MULTIPHASE OUTPUT VOLTAGE
IN A TRANSFORMER DEVICE WITH A SHORT-CIRCUITED WINDING
AND EVALUATION OF ITS QUALITY**

Коробейников Борис Андреевич

профессор кафедры
«Электроснабжение промышленных предприятий»,
Кубанский государственный технологический университет

Печенкин Андрей Геннадьевич

старший преподаватель кафедры
«Электроснабжение промышленных предприятий»,
Кубанский государственный технологический университет
andrph_66@mail.ru

Аннотация. Объектом исследования является процесс формирования многофазного выходного напряжения в измерительном органе на основе трансформаторного устройства с короткозамкнутой обмоткой, применяемого в устройствах релейной защиты локальных объектов электроэнергетики нефтегазового комплекса. На основе методов математического моделирования выполнена оценка качества формирования системы выходных напряжений измерительного органа релейной защиты.

Ключевые слова: трансформаторное устройство, многофазная система выходных напряжений, магнитодвижущая сила, короткозамкнутая обмотка, величина напряжения, показатели качества выходного напряжения.

Korobeynikov Boris Andreevich

Professor of the Department
of «Power Supply Industrial Enterprises»,
Kuban State Technological University

Pechenkin Andrey Gennadievich

Senior Lecturer of the Department
of «Power Supply Industrial Enterprises»,
Kuban State Technological University
andrph_66@mail.ru

Annotation. The object of the study is the process of forming a multiphase output voltage in a measuring body based on a transformer device with a short-circuited winding used in relay protection devices for local electric power facilities of the oil and gas complex. Based on the methods of mathematical modeling, the quality of the formation of the output voltage system of the relay protection measuring body is evaluated.

Keywords: transformer device, multiphase output voltage system, magnetomotive force, short-circuited winding, voltage value, output voltage quality indicators.

Дальнейшее совершенствование аналоговых устройств дистанционной защиты линий электрических передач [1] и релейной защиты локальных объектов электроэнергетики нефтегазового комплекса [2, 3] является применение в качестве их измерительных органов (ИО) трансформаторных устройств с короткозамкнутой обмоткой (ТУСКЗО) и многофазным выходным напряжением.

Формирование многофазного выходного напряжения из однофазного электрического сигнала осуществлялось ТУСКЗО, имеющего параметры, определенные для первичных и вторичных электрических цепей в работах [4, 5, 6, 7]. Принятое при моделировании допущение о линейности основной кривой намагничивания материала сердечников магнитопроводов трансформаторного устройства основано на выборе материала с аморфной структурой ГМ 440В, который обладает высокой магнитной проницаемостью [8].

Путем введения короткозамкнутой обмотки осуществляется формирование сдвига фаз магнитных потоков в сердечниках трансформаторах и соответственно базисных ЭДС \vec{E}_k во вторичных обмотках трансформаторного устройства, в соответствии с условием:

$$\left. \begin{aligned} \vec{U}_1 &= \vec{E}_k \\ \vec{U}_2 &= k_u \cdot \vec{E}_k \cdot e^{j\varphi_u} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где \vec{E}_k – базисное значение ЭДС, \vec{U}_1 – напряжение вторичной обмотки первого трансформатора T_{p1} , \vec{U}_2 – напряжение вторичной обмотки второго трансформатора T_{p2} , k_u и φ_u – коэффициент, характеризующий отношение амплитуд и угол между выходными напряжениями \vec{U}_1 и \vec{U}_2 .

В результате геометрического суммирования электродвижущих сил вторичных обмоток трансформаторов, на выводах нагрузки образуется шестифазная система выходных напряжений представлены на рисунке 1.

$$\vec{U}_i = \vec{U}_{1i} + \vec{U}_{2i} = k_{1i} \cdot \vec{U}_1 + k_{2i} \cdot \vec{U}_2, \quad \text{где } i = a \dots f. \quad (2)$$

Формирование многофазного выходного напряжения во вторичных обмотках ТУСКЗО на основании приведенных выражений (1) и (2) и определение значений коэффициентов трансформации $k_{a1} - k_{f1}$ и $k_{a2} - k_{f2}$ подробно рассмотрен в работе [9, 10].

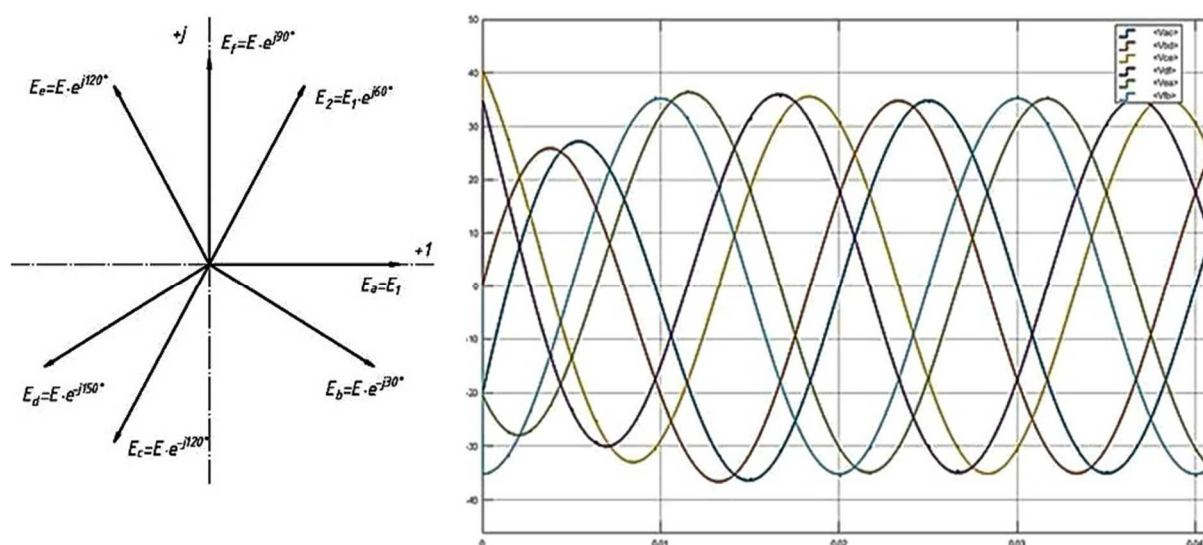


Рисунок 1 – Векторная диаграмма и графики шестифазной системы выходных напряжений трансформаторного устройства с короткозамкнутым витком

Исследование по формированию систем выходных напряжений ИО РЗ проводилось для различных углов сдвига фаз $\varphi_F = 30^\circ, 40^\circ, 45^\circ$ и 60° магнитных потоков в сердечниках трансформаторов, коэффициента отношения амплитуд k_u базисных напряжений катушечных групп и числа фаз системы выходных напряжений ($m = 3, 5, 6$ и 9) при номинальной частоте электрической сети ($f_{ном} = 50$ Гц). Для оценки качества формирования системы выходных напряжений контролировались следующие показатели – несимметрия напряжений в многофазной системе ($K_{2U}; K_{0U}$), несинусоидальность формы кривой напряжения и его величины в каждой фазе (K_{Un} и U_f).

Вывод: таким образом, наиболее приемлемые показатели качества выходного напряжения достигнуты:

- при фиксированном углом сдвига фаз $\varphi_F = 60^\circ$ между магнитными потоками в сердечниках ТУСКЗО;
- выбором многофазной системы выходных напряжений с числом фаз равным шести ($m = 6$);
- возможностью подбора величины выходного напряжения вторичных обмоток катушечных групп k_u ;
- отсутствием магнитного влияния первичных обмоток, размещенных на разных сердечниках магнитопроводов трансформаторного устройства.

Полученные результаты по формированию шестифазной системы выходных напряжений трансформаторного устройства с короткозамкнутым витком позволяют его использовать в качестве измерительного органа релейной защиты кабельных и воздушных линий, трансформаторов, генераторов локальных энергетических установок, синхронных и асинхронных двигателей в условиях промысла, транспортировки нефти и газа.

Литература:

1. Дистанционная защита ЛЭП на основе многофазных трансформаторных преобразователей тока и напряжения / Г.А. Захаров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар, 2020. – С. 42–46.
2. Измерительный орган резервной дистанционной защиты на основе однофазно-многофазных преобразователей / Б.А. Коробейников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2018. – Т. 61. – № 5. – С. 55–60.
3. Коробейников Б.А. Электромагнитные однофазно-многофазные преобразователи тока и напряжения в устройствах релейной защиты локальных энергетических установок / Б.А. Коробейников, А.Г. Печенкин, Г.А. Захаров // В книге: Повышение эффективности разработки нефтяных и газовых месторождений на поздней стадии : сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции на базе Кубанского государственного технологического университета совместно с Российской академией естественных наук, посвященной 100-летию Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – С. 72.
4. Идентификация параметров многофазного преобразователя тока для релейной защиты электрических сетей / Б.А. Коробейников [и др.] // Электронный сетевой полиграфический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – № 5. – С. 99–106.
5. Идентификация параметров многофазного преобразователя тока для устройств релейной защиты с учётом активных сопротивлений обмоток / Б.А. Коробейников [и др.] // Кибернетика энергетических систем. Сборник материалов XLI международной научно-технической конференции. – 2020. – С. 219–222.
6. Выбор параметров многофазной выходной обмотки однофазно-многофазного преобразователя с короткозамкнутой обмоткой / Б.А. Коробейников [и др.] //

REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 194–197.

7. Печенкин А.Г. Определение относительной МДС многофазного преобразователя напряжения с короткозамкнутой обмоткой и параллельным соединением первичных обмоток без учета их активного сопротивления / А.Г. Печенкин, А.М. Смаглиев, А.И. Аветисов // Технические и технологические системы : материалы одиннадцатой Международной научной конференции. – 2020. – С. 111–116.

8. Коробейников Б.А. Полиномиальная регрессионная модель основной кривой намагничивания для аморфных материалов многофазных преобразователей тока и напряжения / Б.А. Коробейников [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар, 2020. – С. 91–96.

9. Совершенствование резервной дистанционной защиты линий электропередачи за счёт применения в её составе измерительных органов на основе однофазно-многофазных преобразователей электрических сигналов / Б.А. Коробейников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2018. – № 5. – С. 55–60.

10. Печенкин А.Г. Трансформаторное устройство с короткозамкнутой обмоткой для преобразования однофазного электрического сигнала в шестифазный / А.Г. Печенкин, Б.А. Коробейников, А.М. Смаглиев // Патент на полезную модель 206352 U1, 07.09.2021. Заявка № 2021113008 от 04.05.2021.

Literature:

1. Zakharov G.A. Remote protection of power lines based on multiphase transformer current and voltage converters / G.A. Zakharov [et al.] // In the collection: Science. A new generation. Success. Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar, 2020. – P. 42–46.

2. Measuring organ of reserve remote protection based on single-phase multiphase converters / B.A. Korobeynikov [et al.] // News of higher educational institutions. Electromechanics. – 2018. – Vol. 61. – № 5. – P. 55–60.

3. Korobeynikov B.A. Electromagnetic single-phase multiphase current and voltage converters in relay protection devices of local power plants / B.A. Korobeynikov, A.G. Pechenkin, G.A. Zakharov // In the book: Improving the efficiency of the development of oil and gas fields at a late stage is a collection of abstracts of reports of the International Scientific and Practical Conference on the basis of the Kuban State Technological University together with the Russian Academy of Natural Sciences dedicated to the 100th anniversary of the State State Technological University «Kuban State Technological University». – 2017. – P. 72.

4. Identification of parameters of a multiphase current converter for relay protection of electrical networks / B.A. Korobeynikov [et al.] // Electronic Network Polythematic Journal «Scientific Works of KubSTU». – 2019. – № 5. – P. 99–106.

5. Identification of parameters of a multiphase current converter for relay protection devices taking into account the active resistance of windings / B.A. Korobeynikov [et al.] // In the collection: Cybernetics of energy systems. Collection of materials from the XLI International Scientific and Technical Conference. – 2020. – P. 219–222.

6. Choice of parameters of the multiphase output winding of a single-phase multiphase converter with a short-circuited winding / B.A. Korobeynikov [et al.] // REFERATOTECH : Materials of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House-Yug, 2020. – V. 1. – P. 194–197.

7. Pechenkin A.G. Determination of relative MDS of multiphase voltage converter with short-circuited winding and parallel connection of primary windings without taking into

account their active resistance / A.G. Pechenkin, A.M. Smagliev, A.I. Avetisov // In the collection: Technical and technological systems. Proceedings of the Eleventh International Scientific Conference. – 2020. – P. 111–116.

8. Polynomial regression model of the main magnetization curve for amorphous materials of multiphase current and voltage converters / B.A. Korobeynikov [et al.] // In the collection: Science. A new generation. Success. Materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar, 2020. – P. 91–96.

9. Improving the backup remote protection of power transmission lines due to the use of measuring elements in its composition on the basis of single-phase multi-phase converters of electrical signals / B.A. Korobeynikov [et al.] // News of higher educational institutions. Electromechanics. – 2018. – № 5. – P. 55–60.

10. Pechenkin A.G. Short-circuited transformer device for converting a single-phase electric signal into a six-phase one / A.G. Pechenkin, B.A. Korobeinikov, A.M. Smagliev // Patent for utility model 206352 U1, 07.09.2021. Application № 2021113008 dated 04.05.2021.

**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ
ТРЕНАЖЕРОВ-СИМУЛЯТОРОВ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЕЛЬНЫХ**

**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF VIRTUAL SIMULATORS
FOR HOT WATER BOILERS**

Кочарян Евгений Валерьевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
kocha99@mail.ru

Шапошников Валентин Васильевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Гапоненко Александр Мкакарович

доктор технических наук,
профессор кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
amgaponenko@yandex.ru

Шелест Никита Андреевич

бакалавр,
студент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»
Кубанский государственный технологический университет
shelest.nikita2018@yandex.ru

Аннотация. Использование виртуальных тренажеров, компьютерных моделей оборудования и производственных процессов – это уже необходимость в современном мире. Преподавателями КубГТУ разработан и апробирован виртуальный тренажер водогрейной котельной для теоретического обучения и отработки навыков действий как будущих, так и действующих инженеров-теплоэнергетиков. Данный тренажер является не только эффективным средством обучения, но и базой для создания дистанционной системы управления сложным производственным объектом – котельной.

Ключевые слова: тренажер, котельная, виртуальный, котел, навыки.

Kocharyan Evgenij Valeryevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of «Heat and power engineering»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
kocha99@mail.ru

Shaposhnikov Valentin Vasilievich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of «Heat and power engineering»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
shaposhnikov.valentin@gmail.com

Gaponenko Alexander Mkakarovich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of «Heat and power engineering»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
amgaponenko@yandex.ru

Shelest Nikita Andreevich

Bachelor,
Student of the Department
of «Heat and power engineering»,
Kuban State Technological University
shelest.nikita2018@yandex.ru

Annotation. The use of virtual simulators, computer models of equipment and production processes is already a necessity in the modern world. Teachers of KubSTU developed and tested a virtual simulator of a hot-water boiler house for theoretical training and working out the skills of actions of both future and existing heat and power engineers. This simulator is not only an effective training tool, but also a base for creating a remote control system for a complex production facility-a boiler room.

Keywords: simulator, boiler room, virtual, boiler, skills.

В настоящее время существует достаточно много компьютерных тренажеров для обучения персонала котельных и студентов работе с теплоэнергетическим оборудованием, включая правильное поведение при аварийных ситуациях. Однако большинство таких симуляторов представлены в виде тепловых схем или плоских схематичных изображений котлов и другого вспомогательного оборудования. Такие программы позволяют повысить квалификацию обучающихся, а также получить понимание о связях между различными элементами котельной (или непосредственно котла) и их влиянии друг на друга. Однако, без перехода к максимально реальному визуальному отображению изучаемого оборудования с использованием объемных трехмерных моделей не получится добиться действительно эффективного обучения в соответствии с современными требованиями. Более того, применение такого рода симуляторов становится обязательным для ряда промышленных предприятий [1].

Преподавателями Кубанского государственного технологического университета был разработан специализированный виртуальный тренажер водогрейной котельной (ВТВК), соответствующий современным требованиям [2]. Тренажерный комплекс ВТВК предназначен для отработки навыков эксплуатации оборудования водогрейной котельной, а также изучения отдельных элементов и оборудования. Визуальное изображение и размещение элементов котельной идентично реальным решениям (рис. 1, 2). Это позволяет упростить и ускорить переход от теоретического изучения котельных установок и вспомогательного оборудования к практическому опыту. Расчет основных параметров работы теплоэнергетического оборудования, тепловой схемы котельной основан на математических зависимостях и принципиально совпадает с реальными характеристиками объекта, но использует определенные допущения и ограничения.



Рисунок 1 – Фотография реальной котельной

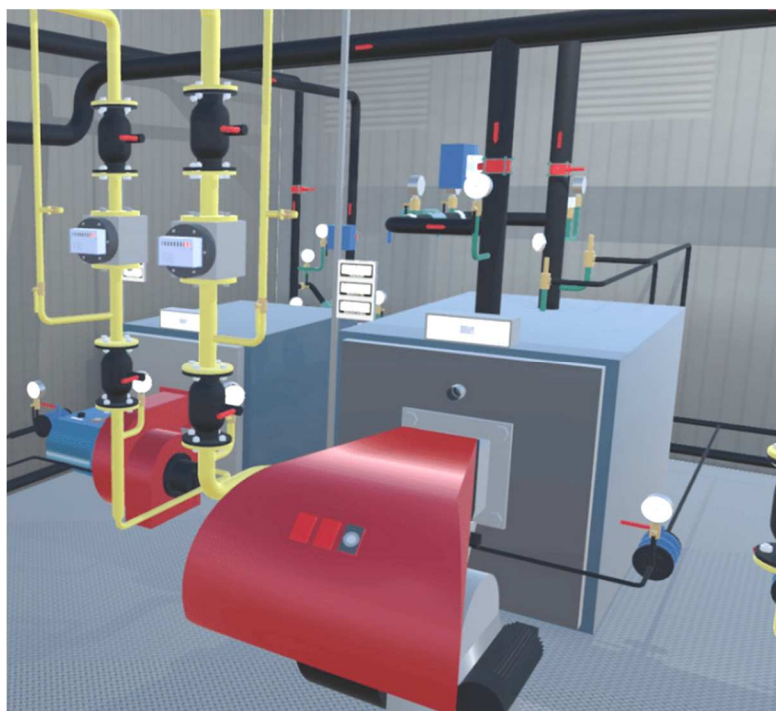


Рисунок 2 – Скриншот виртуального тренажера

Принятые допущения позволяют ускорить работу системы, что происходит с сохранением соответствия между данными, получаемыми в модели и при эксплуатации действующего объекта в реальных условиях.

При этом получение первичного опыта эксплуатации проходит в виртуальном режиме с экономией времени дублирующего персонала, обеспечивая абсолютную безопасность при совершении некорректных или ошибочных действий, недопустимых на реальном объекте.

Объектом моделирования является водогрейная котельная. В котельной установлено два основных котла мощностью по 418 кВт и один летний котел мощностью 154 кВт. Тепловая нагрузка установлена 600 кВт на отопление и 100 кВт на горячее водоснабжение

(ГВС). Основное топливо – природный газ с давлением на вводе 25 кПа. Резервное топливо – дизтопливо. Оно подается самотеком из резервуара, установленного вне котельной. Дымоудаление осуществляется за счет естественной тяги через дымовую трубу высотой 15 м. На котельной предусмотрена система химводоподготовки за счет автоматической системы на основе Na-катионирования. Циркуляцию теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе обеспечивает группа сетевых насосов.

Математическая модель, которая устанавливает связи между органами управления, объектами управления, а также показывающими приборами в общем виде выглядит следующим образом:

$$F_{ij} = (\sum K_i) \cdot S_j, \quad (1)$$

где F_{ij} – искомая функция, в качестве которой могут быть как показания приборов, так и определенные операции, например, включение котла или открытие клапана; K_i , S_j – входные параметры, в качестве которых используются как расчетные значения (температуры, давления и т.д.), так и логические коэффициенты (1 – «включен»; 0 – «выключен»).

Очевидно, что модель (1) содержит как аддитивные, так и мультипликативные компоненты, что позволяет учитывать как количественные, так и качественные характеристики описываемых процессов. Предлагаемая модель эффективна ввиду ее простоты и приемлемой для практических расчетов точности. Калибровка модели и ее верификация была проведена на базе реально действующей водогрейной котельной, которая послужила прототипом при создании тренажера. Расчетные характеристики показали хорошую сходимость с реальными данными, а погрешность расчетов является допустимой для учебных целей.

Функционально разработанный виртуальный тренажер состоит из следующих разделов:

1. Теоретическое изучение конструкций водогрейных и паровых котлов, а также основного и вспомогательного оборудования котельной, инструкций для операторов котельной, Правил безопасной эксплуатации тепловых энергоустановок.

2. Практическое изучение элементов конструкций водогрейной котельной с учетом их расположения в помещении котельной. Эффективность обучения обеспечивается визуальной идентичностью реальному используемому оборудованию.

3. Виртуальное изучение режимов пуска и останова котельной. Проверка знаний режима пуска и останова котельной.

4. Изучение порядка действий персонала котельной при аварийных ситуациях. Проверка знаний порядка действий при аварийных ситуациях.

В разделе изучения теории пользователю предоставляются необходимые теоретические сведения для успешного изучения основных нормативных документов и правил безопасности, знание которых требуется эксплуатирующему персоналу при работе с теплоэнергетическими установками. Кроме того, даны краткие сведения по основным конструкциям котлов и вспомогательного оборудования [3].

После изучения представленной информации предусмотрена возможность промежуточного контроля усвоения материала обучающимися. Контроль осуществляется с помощью теоретических тестов по каждому подразделу.

В тренажере для освоения обучающимися пуска и останова котельной предусмотрено два режима – «Изучение» и «Экзамен».

В режиме «Изучение» последовательность операций строго регламентирована и сопровождается подсказками, которые появляются при необходимости корректировки действий в верхнем углу экрана. Задача обучаемого запомнить последовательность операций с целью безопасного запуска и останова котла.

Последовательность операций зависит от начального исходного состояния. В тренажере предусмотрены следующие исходные состояния:

№ 1. Первичный пуск котельной после монтажа.

В этом режиме все трубопроводы требуют заполнения. Необходимо запустить «летний» котел и соответствующий «летний» сетевой насос.

№ 2. Пуск котельной летом на газовом топливе.

В этом режиме все теплотрассы заполнены водой, газопровод опорожнен. Необходимо запустить «летний» котел и соответствующий «летний» сетевой насос.

№ 3. Пуск котельной летом на резервном топливе.

В этом режиме все теплотрассы заполнены водой, топливопровод с дизельным топливом опорожнен. Необходимо запустить «летний» котел и соответствующий «летний» сетевой насос.

№ 4. Пуск котельной зимой на газовом топливе.

В этом режиме все теплотрассы заполнены водой, газопровод опорожнен. Необходимо запустить оба больших котла и соответствующие сетевые насосы.

№ 5. Пуск котельной зимой на резервном топливе.

В этом режиме все теплотрассы заполнены водой, топливопровод с дизельным топливом опорожнен. Необходимо запустить оба больших котла и соответствующие сетевые насосы.

№ 6. Останов котельной зимой на газовом топливе.

В этом режиме все теплотрассы заполнены водой, газопровод под давлением. Оба котла находятся в работе. Необходимо остановить котлы и вспомогательное оборудование. Продуть газопровод.

В разделе «Аварийные ситуации» в настоящее время предусмотрены следующие типовые аварии:

- Нет напряжения на вводе.
- Авария котла № 1.
- Авария котла № 2.
- Авария котла № 3.

Здесь так же предусмотрен режим «Изучения» аварийных ситуаций и режим «Экзамен».

Алгоритм операций перед запуском в режиме «Изучение» выводится на экран в виде блокнота с записанными в нем пунктами, которые по мере выполнения вычеркиваются.

В режиме «Экзамен» подсказка в виде блокнота не присутствует. Допускается максимум три ошибки по ходу выполнения той или иной процедуры. После выполнения всех необходимых действий на экран выводится оценка действий обучаемого.

Симулятор позволяет приобрести навыки работы с теплоэнергетическим оборудованием котельной, имитируя работу реального объекта. Предусмотрено введение многопользовательского режима, при котором тренировки могут проходить от двух и более лиц одновременно, что существенно расширяет возможности обучения. Интеграция данного виртуального тренажера в систему подготовки кадров теплоснабжающих организаций позволит существенно снизить риск аварий, связанных с ошибками рабочего персонала, а также поможет выработать у сотрудников план действий при возникновении нестандартных ситуаций.

Разработанный виртуальный тренажер водогрейной котельной уже внедрен в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистров по направлениям теплоэнергетика и теплотехника в Кубанском государственном технологическом университете и демонстрирует свою эффективность. Этот программный продукт не первая подобная разработка преподавателей кафедры теплоэнергетики и теплотехники. Ранее были созданы и активно применяются как в учебном процессе, так и в научных исследованиях

серия программ по определению термодинамических свойств воздуха, воды и водяного пара, а также расчету тепловых схем газотурбинных и парогазовых установок в режиме онлайн [4, 5].

Кроме того, планируется, что математическая модель, реализованная в компьютерном тренажере, послужит базой для создания дистанционной системы управления сложным производственным объектом – котельной, так называемого цифрового двойника.

Литература:

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Серия 09. – Вып. 37. – 2-е изд., доп. – М. : Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2013. – 126 с.

2. Кочарян Е.В. Виртуальный тренажер водогрейная котельная: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2019664785 Рос. Федерация / Е.В. Кочарян, В.В. Шапошников, А.С. Мачарашвили // Роспатент. Заявл. 31.10.2019; Зарег. в Реестре программ для ЭВМ 13.11.2019.

3. Бiryukov Б.В. Котельные установки и парогенераторы : учеб. пособие. – Краснодар : Изд. КубГТУ, 2012. – 357 с.

4. Бiryukov Б.В. Программный комплекс «Система автоматизированного расчета газотурбинных установок и парогазовых установок смешения» / Б.В. Бiryukov, В.В. Шапошников // Промышленная энергетика. – 2016. – № 4. – С. 41–45.

5. Shaposhnikov V.V. Increasing efficiency of CCP-based tpp with injection of dry saturated steam from recovery boiler into regenerator / V.V. Shaposhnikov, B.V. Biryukov // Journal of physics: conference series. – 2017. – № 891.

Literature:

1. Federal norms and rules in the field of industrial safety «General rules of explosion safety for explosion-and fire-hazardous chemical, petrochemical and oil refining industries». Series 09. – Issue 37. – 2nd ed., supplement. – M. : Closed Joint-Stock Company «Scientific and Technical Center for Research on Industrial Safety Problems», 2013. – 126 p.

2. Kocharyan E.V. Virtual simulator hot water boiler house: Certificate of registration of the computer program 2019664785 Ros. Federation / E.V. Kocharyan, V.V. Shaposhnikov, A.S. Macharashvili // Rospatent. – Declared on 31.10.2019; Registered in the Register of computer programs 13.11.2019.

3. Biryukov B.V. Boiler installations and steam generators : manual. – Krasnodar : KubSTU Publishing House, 2012. – 357 p.

4. Biryukov B.V. Program complex «System of automated calculation of gas turbine installations and combined cycle gas plants» / B.V. Biryukov, V. V. Shaposhnikov // Promyshlennaya energetika. – 2016. № 4. – P. 41–45.

5. Shaposhnikov V.V. Increasing efficiency of CCP-based tpp with injection of dry saturated steam from recovery boiler into regenerator / V.V. Shaposhnikov, B.V. Biryukov // Journal of physics: conference series. – 2017. – № 891.

**ВКЛЮЧЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЗВЕНА
В СХЕМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПЕРЕД ДЭМ**

**CONNECTION OF INTERMEDIATE LINK
TO POWER SUPPLY CIRCUIT BEFORE DEM**

Ладенко Николай Васильевич

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Электротехника и электрические машины»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
lad.kolya@ya.ru

Плахотнюк Александр Николаевич

доктор технических наук,
профессор кафедры «Электротехника и электрические машины»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»
Кубанский государственный технологический университет
alexanderplahotniuk@yandex.ru

Креминский Богдан Олегович

аспирант, ассистент кафедры «Электротехника и электрические машины»
института «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
bogdankreminskii@mail.ru

Сурков Александр Сергеевич

студент кафедры «Электротехника и электрические машины»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
kolipo333@yandex.ru

Аннотация. Приведены основные схемы соединения преобразовательных ячеек с учетом коэффициента передачи, рассмотрены варианты многокаскадных преобразователей, отмечены схемные решения с возможностью регулирования выходного напряжения ППН, проведен сравнительный анализ одно- и многокаскадных схем ППН.

Ключевые слова: двухмерная электрическая машина, схема постоянного и переменного напряжения преобразователя, каскадное соединение, коэффициент передачи.

Ladenko Nikolay Vasilevich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
of the Department of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
lad.kolya@ya.ru

Plahotnyk Alexandr Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
alexanderplahotniuk@yandex.ru

Kreminskiy Bogdan Olegovich

Graduate Student,
Assistant of the Department of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
bogdankreminskii@mail.ru

Surkov Alexandr Sergeevich

Student of the Department of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
kolipo333@yandex.ru

Annotation. Basic circuits for connection of converter cells taking into account the transmission coefficient are given, versions of multi-stage converters are considered, circuit solutions with the possibility of controlling the output voltage of APN are noted, comparative analysis of one- and multi-stage APN circuits is carried out.

Keywords: two-dimensional electric machine, DC and AC voltage circuit of converter, cascade connection, transmission coefficient.

Существует много ППН-схем, в которых одновременно используются две и более элементарные преобразовательные ячейки. Самые сложные из таких схем содержат также ТПН или просто трансформатор переменного напряжения, что позволяет во многих случаях улучшить те или иные качественные характеристики преобразователя. Как станет ясно из последующего изложения, число возможных вариантов ППН-схем ограничено только интуицией и стремлениями разработчика. В то же время естественным ограничителем на пути усложнения схем является уменьшение прибыли от продажи разработанных преобразователей.

В дальнейшем в качестве узлов для построения комбинированных преобразователей приняты схемы ППН-1, ППН-2, трансформаторы постоянного и переменного напряжений, а также схемы ППН первого и второго рода. Далее для упрощения анализа комбинированные схемы будут представлены в виде соединения двух или более простых преобразовательных ячеек. Некоторые возможные варианты структурного построения таких схем представлены на рисунке 1.

Простейшими схемами составных преобразователей являются ППН-схемы, полученные в результате каскадного соединения однопольных преобразовательных ячеек.

К числу таких схем относится представленная на рисунке 2 (а) двухкаскадная схема преобразователя на основе ячейки ППН-1.

Статический коэффициент передачи данной схемы в предположении идеальности входящих в нее элементов и работы каждой из ячеек в режиме непрерывного потока:

$$M = D_a D_b. \quad (1)$$

Для некоторых применений ППН-схем коэффициент D_a (или D_b) задается постоянным, а коэффициент D_b (или D_a) изменяется, чтобы обеспечить регулирование выходного напряжения ППН. Во многих случаях для упрощения узла управления формирование сигналов, поступающих на входы ключей обоих каскадов, осуществляется с помощью одного общего задающего генератора. При этом $D_a = D_b$ и, следовательно:

$$D = \sqrt{M} \quad (2)$$

Учтем, что для базовой преобразовательной ячейки ППН-1:

$$D = M. \quad (3)$$

Поскольку:

$$M \leq 1, \quad (4)$$

то для заданного значения M относительная длительность состояния «замкнуто» каждого из ключей составного ППН по сравнению с базовой ячейкой будет всегда больше.

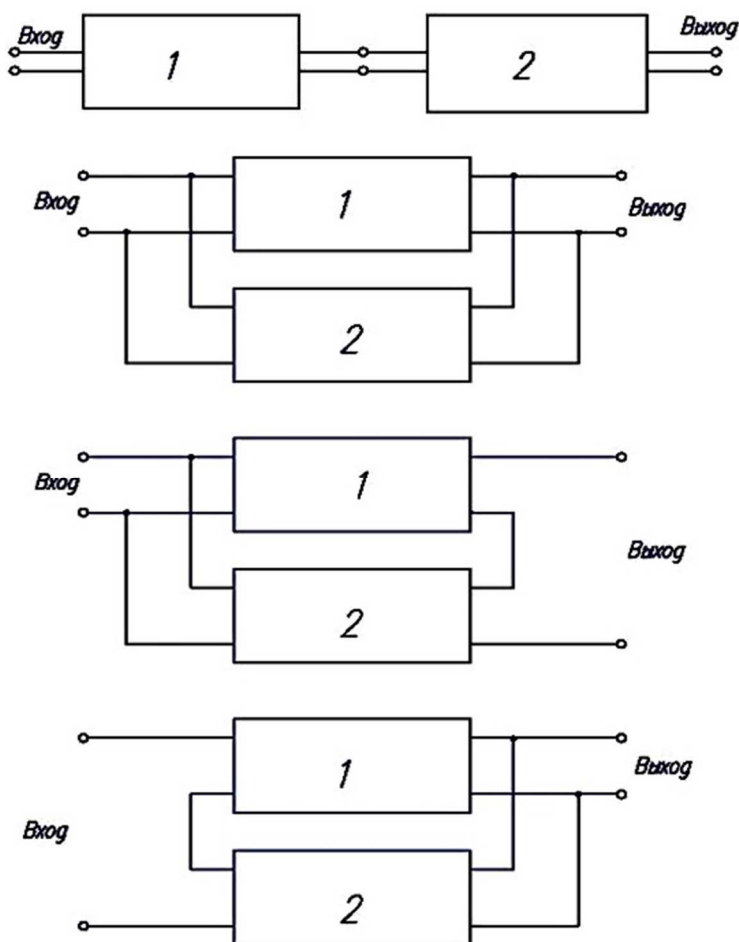


Рисунок 1 – Основные варианты соединения двух преобразовательных ячеек

Отметим некоторые достоинства составного ППН.

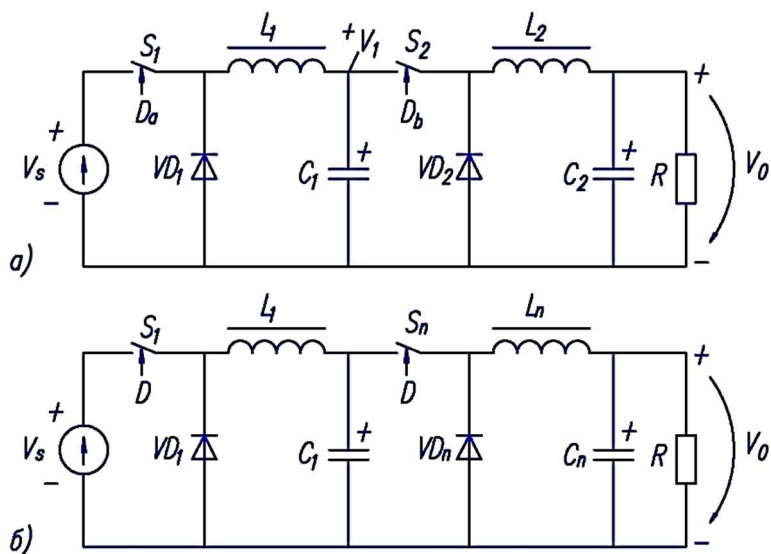


Рисунок 2 – Многокаскадные преобразователи на основе ППН-1

Так как среднее значение I_s тока i_s источника питания, т.е. тока через ключ S_1 , должно оставаться тем же (при тех же значениях напряжения VD и мощности нагрузки), то максимальное значение I_b тока i_s должно уменьшиться при увеличении коэффициента D . Поскольку это максимальное значение тока через ключ S_1 в двухкаскадном ППН меньше, чем в однокаскадном, то при использовании ключей одного и того же типа двухкаскадном преобразователе может обеспечить передачу в нагрузку большей мощности, чем однокаскадный. Напряжения на ключе S_1 и диоде VD_1 в состоянии «разомкнуто» двухкаскадного преобразователя, так же как и однокаскадного, равны V_s , но при $D_a = D_b$ напряжения на ключе S_2 и диоде VD_2 в этом состоянии:

$$V_1 = \sqrt{V_0 V_s} \quad (5)$$

Поскольку V_1 всегда меньше, чем V_s , то напряжения на ключе S_2 и диоде VD_2 меньше, чем на ключе S_1 и диоде VD_1 .

Если значение M мало (не превышает 0,4), двухкаскадный преобразователь данного типа по сравнению с однокаскадным не имеет реальных преимуществ. В этом случае было бы лучше использовать однокаскадный преобразователь, в котором S_1 выполнен в виде двух параллельно соединенных одинаковых ключевых элементов для работы при больших токах, вследствие чего автоматически отпадает необходимость во втором низкочастотном фильтре (L_2, C_2).

При больших значениях M предпочтительнее применение в системе вторичного электропитания двухкаскадного преобразователя. Это связано с более легкими режимами работы элементов.

Каскадный принцип построения преобразователей может быть распространен на произвольное число n ячеек, как показано на рисунке 2 (б).

В многокаскадном преобразователе на однотипных ячейках ППН-1 с идеальными элементами для режима непрерывного потока:

$$M = D^n \quad (6)$$

в предположении, что относительная длительность состояния «замкнуто» каждого из ключей одинакова и равна D .

С практической точки зрения сомнительно, чтобы число каскадов ППН, большее двух, давало бы какие-либо преимущества. Тем не менее многокаскадная концепция в принципе является жизнеспособной.

В итоге для n -каскадного ППН на однотипных ячейках ППН-2 с идеальными элементами, работающего в режиме непрерывного потока, при одинаковом для каждого каскада значении D статический коэффициент передачи напряжения:

$$M \approx \frac{1}{(1-D)^n} \quad (7)$$

Литература:

1. Гайтова Т.Б. Двухвходовая электрическая машина для нетрадиционной энергетики // Сборник тезисов докладов научно-практич. конференции «Повышение эффективности работы систем электроснабжения и электрооборудования Кубани». – Краснодар, 1995. – С. 36–37.
2. Бирзникс Л.В. Импульсные преобразователи постоянного тока. – М. : Энергия, 1974. – № 2(64), № 2(69).
3. Костенко М.П. Состояние и задачи развития электроприводов с частотным электромашинным и электронно-ионным управлением / М.П. Костенко, Д.А. Завалишин //

Научно-технические проблемы автоматизированного электропривода. – М. : АН СССР, 1957. – С. 82–98.

4. Сандлер А.С. Преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями / А.С. Сандлер, Р.С. Сарбатов. – М. : Энергия, 1966. – 144 с.

5. Шуйский В.П. Расчет электрических машин / Пер. с немецк. – М. : Энергия, 1968. – 732 с.

6. Двухмерная электрическая машина для системы автономного электроснабжения / А.В. Самородов [и др.] // Сборник тезисов докладов международной научно-практич. конфер. «Электротехника электромеханика и электротехнология» МКЭЭ-98. – М. : Изд-во МЭИ, 1998. – С. 266–267.

Literature:

1. Gaitova T.B. Two-way electric machine for non-traditional power engineering // Collection abstracts of reports of scientific practitioners. Conference «Improving the efficiency of power supply systems and electrical equipment of the Kuban». – Krasnodar, 1995. – P. 36–37.

2. Birznieks L.V. DC pulse converters. – М. : Energy, 1974. – № 2(64), № 2(69).

3. Kostenko M.P. The state and problems of the development of electric drives with frequency electric machine and electron ion control / M.P. Kostenko, D.A. Zavalishin // Scientific and technical problems of automatic electric drive. – М. : Academy of Sciences of the USSR, 1957. – P. 82–98.

4. Sandler A.S. Frequency converters For control of asynchronous motors / A.S. Sandler, R.S. Sarbatov. – М. : Energy, 1966. – 144 p.

5. Shuisky V.P. Calculation of electric machines / From German. – М. : Energy, 1968. – 732 p.

6. Two-dimensional electric machine for autonomous power supply system / A.V. Samorodov [et al.] // Collection abstracts of reports of international scientific practitioners. confer. «Electrical Engineering and Electrical Engineering» МКЕЕ-98. – М. : MPEI Publishing House, 1998. – P. 266–267.

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗАВАРИЙНОГО СПУСКА ОБСАДНЫХ КОЛОНН
В СКВАЖИНАХ СЛОЖНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПРОФИЛЯ**

**NEW TECHNOLOGIES TO ENSURE TROUBLE-FREE RUNNING
OF CASING STRINGS IN WELLS WITH COMPLEX SPATIAL PROFILES**

Михеев Михаил Александрович

кандидат технических наук,
доцент кафедры бурения,
Ухтинский государственный технический университет
miheev_ma@mail.ru

Грязев Дмитрий Алексеевич

студент,
Ухтинский государственный технический университет
gryazev.00@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы оптимизации спуска обсадных колонн в условиях сложного пространственного профиля. Представлены экспериментальные методы оценки сил действующих на обсадную колонну в процессе спуска и способы оптимизации, способствующие безаварийному спуску в условиях сложного пространственного профиля.

Ключевые слова: обсадная колонна, буровой раствор, сложный пространственный профиль, антифрикционные пакки, силы сопротивления, оптимизация.

Mikheev Mikhail Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Drilling,
Ukhta State Technical University
miheev_ma@mail.ru

Gryazev Dmitry Alekseevich

Student,
Ukhta State Technical University
gryazev.00@mail.ru

Annotation. The paper considers the issues of optimizing the running of casing strings in a complex spatial profile. Experimental methods for evaluating the forces acting on the casing during running and optimization methods that contribute to trouble-free running in conditions of a complex spatial profile are presented.

Keywords: casing, drilling mud, complex spatial profile, antifriction packs, forces.

В настоящее время большое распространение приобретают скважины со сложным пространственным профилем, имеющие протяженный горизонтальный участок. Подобные скважины часто характеризуются большим отходом от вертикали, а также изменением азимута.

Как показывает практика строительства скважин, с увеличением горизонтального участка, происходит непрерывный рост сил сопротивления действующих на обсадную колонну во время спуска. Вследствие этого, спуск обсадных колонн может сопровож-

даться осложнениями, связанными с посадками, вплоть до не дохода колонны до забоя. Данное явление может привести к полной потере подвижности колонны, с последующей невозможностью извлечения ее из скважины.

С учетом особенностей технологического процесса и анализом результата бурения ряда скважин, можно отметить, что антифрикционных характеристик бурового раствора, используемого для вскрытия интервала, в ряде случаев недостаточно для последующего спуска обсадной колонны. При этом снижение коэффициента трения путем изменения характеристик бурового раствора, может являться недостаточно эффективным решением, особенно, если для вскрытия продуктивного интервала использовался раствор на неводной основе.

Одним из перспективных направлений предупреждения негативного влияния сил сопротивления в процессе спуска обсадной колонны является использование химически инертных антифрикционных материалов, совместимых с используемыми системами буровых растворов.

На кафедре Бурения проведен комплекс расчетов, направленных на изучение влияния различных антифрикционных материалов для снижения коэффициента трения.

Для изучения сил сопротивления при спуске обсадной колонны были использованы программы, разработанные на кафедре Бурения. За основу была принята среднестатистическая скважина, для которой характерны сложный пространственный профиль и горизонтальный участок, протяженностью более 1000 метров.

В процессе спуска обсадной колонны – хвостовика в условиях скважины, для которой был построен график сил действующих на колонну в процессе спуска (рис. 1), наблюдались посадки и не доход хвостовика до проектной глубины. На графике представлены вес, силы трения и прижатия действующие на колонну и компоновка транспортной колонны, используемая для спуска хвостовика до заданной глубины.

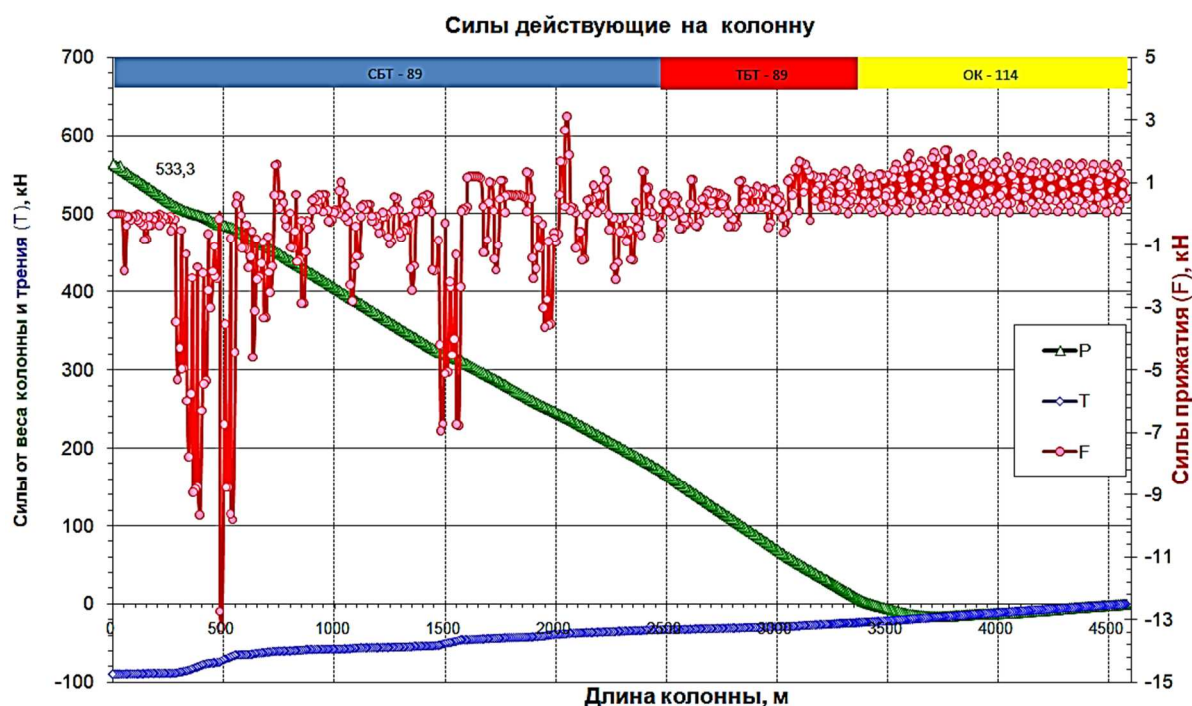


Рисунок 1 – Силы действующие на колонну в процессе спуска хвостовика:
P – вес, F – сила прижатия, T – сила трения

В процессе оптимизации, на основе данных по практическому применению, было рассчитано снижения коэффициента трения на 20–25 % при использовании антифрик-

ционного материала, представляющего из себя стеклянные микросферы, снижающие фрикционные свойства раствора за счет эффекта «подшипника».

Подобные антифрикционные материалы инертны по отношению к другим компонентам бурового раствора и совместимы с буровыми растворами любого типа. При этом, они могут вводиться в состав раствора с помощью стандартного оборудования. Применение заключается в закачке антифрикционных пачек, приготовленных на основе рабочего раствора, в интервал спуска обсадной колонны.

На основе полученных данных были построены графики сил действующих на колонну а процессе спуска (рис. 2), на которых показано снижение сил сопротивления.

Также была произведена оптимизация элементов компоновки транспортной колонны, путем перемещения секции тяжелых бурильных труб на участок с меньшим зенитным углом, для обеспечения максимальной передачи нагрузки на хвостовик в процессе спуска.

Совместное использование антифрикционных материалов и оптимизация элементов транспортной колонны, позволяет объединить два подхода. Это позволит взаимно усилить их действие и значительно снизить риск аварий, связанных с недоходом обсадных колонн до заданной глубины.

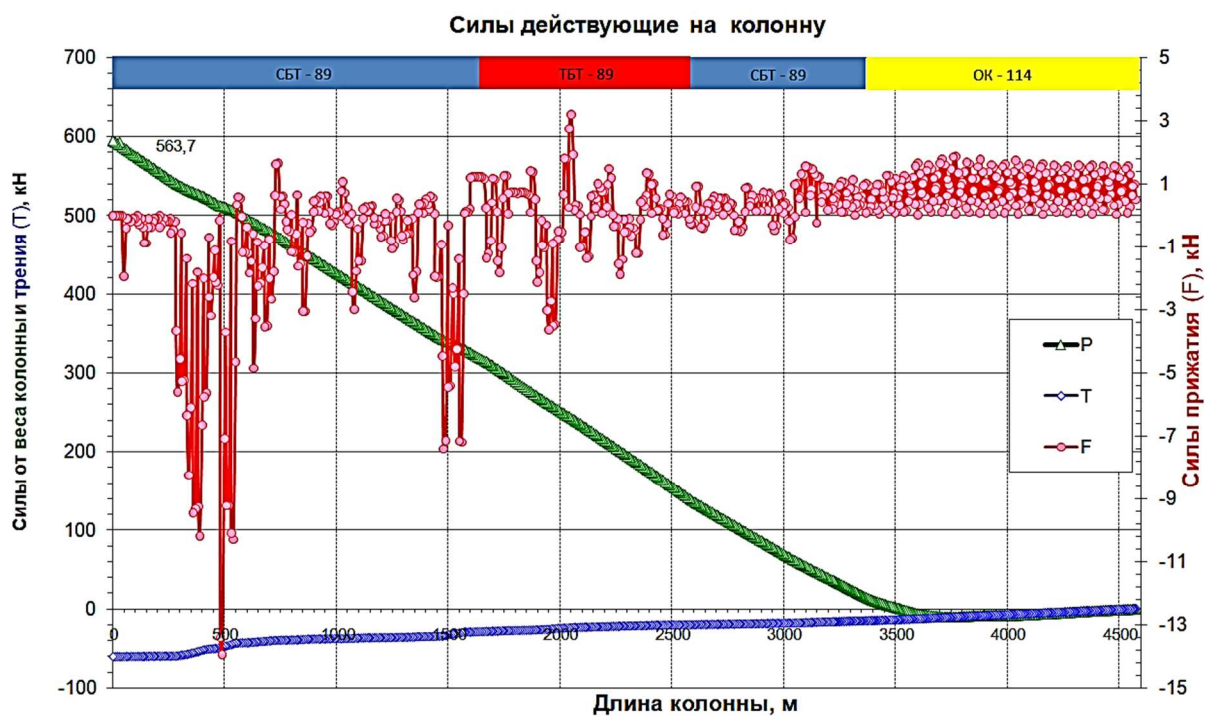


Рисунок 2 – Силы действующие на колонну в процессе спуска хвостовика:
P – вес, F – сила прижатия, T – сила трения

Полученные результаты показали, что применение антифрикционных материалов, представленные в виде стеклянных микросфер (вне зависимости от страны производителя), положительно влияют на процесс спуска обсадных колонн, обеспечивая безаварийный спуск.

Положительной стороной подобных материалов, помимо вышеуказанного, является то, что для их применения не требуется специального оборудования. Вследствие незначительной концентрации, материалов, применение «сухих смазок» не причиняет вреда используемому оборудованию. В случае необходимости, их компоненты могут быть удалены из бурового раствора после спуска обсадной колонны с помощью систем механической отчистки.

Литература:

1. Александров М.М. Определение сил сопротивления при бурении скважин. – М. : Недра, 1965. – 175 с.
2. Кисельман М.Л. Определение сил трения в искривленных скважинах // Нефтяное хозяйство. – 1960. – № 9. – С. 43–46.

Literature:

1. Alexandrov M.M. Determination of resistance forces when drilling wells. – М. : Nedra, 1965. – 175 p.
2. Kiselman M.L. Determination of friction forces in curved wells // Oil Industry. – 1960. – № 9. – P. 43–46.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАСТОВЫХ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ
НА НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF RESERVOIR FLUIDS AND GASES
AT AN OIL AND GAS CONDENSATE FIELD**

Мишуров Виктор Александрович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Av-va01@mail.ru

Ханджян Левон Андреевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
levon-realmd@mail.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Шупенько Владислав Романович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Shupenko.vlad16@yandex.ru

Аннотация. В данной статье физико-химические свойства нефти, газа и конденсата изучались по глубинным и поверхностным пробам, которые отбирались при исследовании скважин. Анализы проводились по общепринятым методикам.

Ключевые слова: физико-химические свойства, Лугинецкое месторождение, глубинные пробы, метан, газ.

Mishurov Viktor Aleksandrovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
Av-va01@mail.ru

Khanjyan Levon Andreevich

Student of the training direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
levon-realmd@mail.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department «Equipment of Oil and Gas Fields»,
Kuban State Technological University
akngs@mail.ru

Shupenko Vladislav Romanovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»

Institute of «Oil, Gas and Energy»,

Kuban State Technological University

Shupenko.vlad16@yandex.ru

Annotation. In this article, the physical and chemical properties of oil, gas and condensate were studied from deep and surface samples that were taken during the study of wells. The analyses were carried out according to generally accepted methods.

Keywords: physical and chemical properties, Luginetskoye field, deep samples, methane, gas.

В процессе разведки Лугинецкого месторождения было проанализировано 5 глубинных проб нефти из трёх скважин. После утверждения запасов ГКЗ СССР (1972 г.) в процессе разбуривания месторождения было отобрано и проанализировано 33 глубинные пробы нефти из 14 эксплуатационных скважин, кроме того, две пробы были отобраны из разведочной скважины 182, пробуренной с целью доразведки месторождения.

По результатам анализов глубинных проб видно, что полученные значения основных физических параметров очень заметно отличаются между собой. При этом не наблюдается какой-либо закономерности в изменении основных свойств пластовой нефти ни по площади, ни по разрезу. Основной причиной широкого и неупорядоченного разброса параметров, по мнению второв подсчета запасов, является тот факт, что все отобранные на Лугинецком месторождении глубинные пробы в различной степени недонасыщены газом.

Сепарированная нефть залежей горизонтов Ю₁ и Ю₂ на месторождении изучена по результатам анализов 61 проб нефти из 24 эксплуатационных и 11 разведочных скважин. По результатам исследования поверхностных проб нефть юрских пластов Лугинецкого месторождения легкая, подвижная, малосмолистая, для большинства проб характерно низкое содержание асфальтенов. Однако результаты исследования сепарированных проб свидетельствуют о неоднородности физико-химических свойств нефти. Если в целом по средним значениям содержания парафина и серы в пробах нефть характеризуется как малосернистая и парафинистая, то нефть пласта Ю₁² сернистая и высокопарафинистая (содержание серы и парафина 0,51 % и 6,25 %, соответственно). Повешенное содержание серы отмечается также в некоторых пробах нефти пласта Ю₁³, Ю₁⁴ и Ю₂, парафина – в пластах Ю₁³ и Ю₁⁴. Приведенные данные свидетельствуют о локальной изменчивости свойств нефти по площади и разрезу. Состав и свойства нефти и газа Лугинецкого месторождения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав и свойства нефти и газа Лугинецкого месторождения

Состав и свойства	Параметры
1	2
Плотность дегазированной нефти	827,05
Плотность нефти в пластовых условиях,	674
Плотность пластовой воды,	1030
Объемный коэффициент нефти	1,3985
Давление насыщения, МПа	15,9
Молекулярная масса газа	22,77
Состав газа, молярная концентрация, %	
H ₂ S	0
CO ₂	1,3825
N ₂	1,1425
CH ₄	74,915

Окончание таблицы 1

1	2
C_2H_6	7,21
C_3H_8	8,46
C_4H_{10}	3,345
i- C_4H_{10}	1,22
C_5H_{12}	0,595
i- C_5H_{12}	0,43
C_6H_{14} и высшие	0,465
Гептаны	0
Октаны	0
Остаток	0
Плотность газа	0,949
Динамическая вязкость нефти, МПа×с	0,495
Вязкость дегазированной нефти, МПа×с	3,585

Растворенный газ Лугинецкого месторождения сухой с преобладающим содержанием метана от 64,77 до 84,35 %.

По групповому химическому составу стабильный конденсат Лугинецкого месторождения имеет метано-парафиновую основу с незначительными добавками ароматических углеводородов (4,1–6,4 %).

Основным компонентом свободного газа Лугинецкого месторождения является метан, содержание которого колеблется от 78 до 92 %, что в среднем несколько выше, чем в растворенном газе. Кроме углеводородов, в составе свободного газа присутствуют азот, (от 2,03 до 11,5 %), двуокись углерода (0,1–1,63 %), сероводород отсутствует, содержание гелия (менее 0,03 %).

Литература:

1. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
2. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГУ», 2019. – 275 с.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.
5. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
6. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
7. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.
8. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутривнепромислового сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконден-

сатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

9. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

10. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

11. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

12. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

13. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

14. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

15. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

16. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

17. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

18. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

19. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

20. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 280–287.

21. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 273–280.

Literature:

1. Savenok O.V. Oil and gas engineering in well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremiichuk. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.

2. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.

3. Gutsu A.S., Shiyan S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2 – P. 156–166.

4. Technique and technology of restoration of productivity of the well № 1273 of Urengoyskoe field by sidetracking / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.

5. Shiyan S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Tehnologii (Polytechnical Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

6. Shiyan S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

7. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment used / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

8. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of the system of in-field collection, preparation and accounting of products in Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

9. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

10. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.

11. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.

12. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.

13. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.

14. Peculiarities of producing wells operation in West Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.

15. Perfection of Hydrojet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
16. Methods of increasing oil recovery and limiting factors of application of these methods on the example of the field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
17. Development of hydro-jet method of oil extracting / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
18. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.
19. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
20. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – P. 280–287.
21. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – P. 273–280.

**СОСТАВЫ ДЛЯ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ
НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ**

**COMPOSITIONS FOR REPAIR AND INSULATION WORKS
BASED ON POLYMER RESINS**

Мозговой Георгий Сергеевич

старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
gsmozgovoi@mail.ru

Милькова Светлана Юрьевна

старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
milkova2109@yandex.ru

Кормухин Олег Владимирович

студент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
oleg.kormukhin@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается возможность применения для ведения ремонтно-изоляционных работ тампонажного материала на основе полимерных смол. Затвердевшая смола обладает высокой прочностью, поэтому тампонажные смеси на основе этих смол могут применяться как для кольматации трещин, в борьбе с поглощениями промывочной жидкости, так и для крепления раздробленной горной породы стенок скважин.

Ключевые слова: полимерцементная смола, заканчивание скважин, крепление стенок скважины, смоло-цементная система, тампонажный состав.

Mozgovoi Georgii Sergeevich

Senior lecturer of the Department «Drilling Oil and Gas Wells»,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
gsmozgovoi@mail.ru

Milkova Svetlana Yuiryevna

Senior lecturer of Department « Drilling Oil and Gas Wells »,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
milkova2109@yandex.ru

Kormukhin Oleg Vladivirovich

Student of Department « Drilling Oil and Gas Wells »,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
oleg.kormukhin@yandex.ru

Annotation. This paper considers the possibility of using backfill material based on polymer resins for carrying out repair and insulation works. The hardened resin has high strength,

therefore, grouting mixtures based on these resins can be used both for plugging cracks, in the fight against losses of drilling fluid, and for fixing crushed rock in the walls of wells.

Keywords: polymer-cement resin, well completion, well casing, resin-cement system, grouting compound.

Постоянное совершенствование рецептур тампонажных смесей повлекло за собой разработку ряда новых тампонажных составов с технологическими характеристиками, удовлетворяющими более широкой совокупности геологических условий. Особое место среди новых тампонажных составов следует отнести для тампонажных смесей на основе смол.

Затвердевшая смола обладает высокой прочностью, поэтому тампонажные смеси на основе этих смол могут применяться как для кольматации трещин, в борьбе с поглощениями промывочной жидкости, так и для крепления раздробленной горной породы стенок скважин.

Применение карбамидоформальдегидной смолы

Тампонажный состав на основе КФС готовится путем простого смешения смолы с отвердителем и наполнителями в емкости или бункере насосного агрегата. В течение 4–6 часов после закачки (время реакции) состав превращается в твердую тампонирующую массу, способную выдерживать значительные перепады давления. Состав также может применяться для селективной изоляции водопритока, обусловленного поступлением закачиваемой и краевой воды по продуктивному пласту.

Применение тампонажного состава на основе карбамидоформальдегидной смолы (КФС) позволяет решить следующие задачи:

- отключение отдельных обводнившихся пропластков;
- ликвидация заколонных перетоков;
- устранение негерметичности эксплуатационной колонны;
- ограничение поступления подошвенной воды;
- селективная обработка с целью изоляции наиболее проницаемых интервалов,

по которым вода поступает в скважину.

Тампонажный состав на основе карбамидоформальдегидной смолы выгодно выделяется в этом отношении, обладая высокими способностями к фильтрации при относительно невысокой стоимости.

Ацетаноформальдегидная смола

Ацетаноформальдегидные смолы (АЦФ) – продукт поликонденсации ацетона и формальдегида при молярном их соотношении 1:2 или 1:3 в щелочной среде. В качестве катализатора используется 5 %-ный раствор едкого натра. В зависимости от соотношения ацетона и формальдегида получают олигомеры марок АЦФ-2 и АЦФ-3 – слабоокрашенные вязкие жидкости, содержащие 25 % свободной воды. Смолы растворяются в воде и устойчивы к длительному хранению.

Ацетаноформальдегидная смола АЦФ является перспективной для применения на нефтедобывающих скважинах в качестве тампонажного материала поскольку она обладает малой вязкостью и хорошей фильтруемостью в пористую породу, что важно для создания непроницаемых оторочек заданных размеров малой усадкой при отверждении прочностью и адгезией к поверхности породы, что не позволяет выдавить отвержденную смолу из трещин при ремонте скважин.

Пример: приготовление полимерцементного раствора

1. Завезти на скважину расчётную массу тампонажного цемента ПЦТ-II-50. Опрессовать линию (обвязку) специальной смесительной ёмкостью для приготовления раствора микроцемента на 15 МПа предварительно установив вместо сопел заглушки.

2. Набрать в мерник цементировочного агрегата расчётный объём пресной воды без добавок поверхностно-активных веществ.

3. При постоянном перемешивании последовательно добавить в воду гидроксид натрия (кристаллический) и ацетаноформальдегидную смолу.

4. Набрать в специальную смесительную емкость для приготовления раствора микроцемента жидкость затворения. Работой высокопроизводительного цементировочного агрегата на 3–4 скорости создать в ёмкости циркуляцию воды.

5. Гидрокраном (гидроманипулятором) подать мягкий контейнер с цементом на площадку специальной ёмкости. Разрезать дно мягкого контейнера (один небольшой разрез, при необходимости увеличить). В циркулирующую жидкость затворения при постоянном перемешивании подать цемент.

Liquid Bridge Plug (Жидкий перекрыватель)

Liquid Bridge Plug – это специальная эпоксидная смола, специально разработанная для нефтяных скважин. Это универсальные смолы, безусадочные применимые для повторного заканчивания скважин, стабилизации ствола скважины и завершения капитального ремонта. Она обеспечивает изоляцию от микроутечек газа через цементные пробки и пакера, проникая в небольшие каналы, микрокольцевые пространство пласта.

Liquid Bridge Plug имеет в 4 раза большую прочность на сжатие, чем цемент. Liquid Bridge Plug будет перестраиваться и не разрушаться, как цемент и другие уплотнители для скважин на рынке.

Преимущества:

- Разработан для температур от 12 °С до 148 °С.
- Легко пробурируется.
- Очень высокая прочность на сжатие – более чем в 4 раза выше, чем у современных цементных растворов.

- Сверхвысокая прочность на сдвиг > 13,79 Мпа.

Физические и химические свойства:

- Цвет: светло-желтый.
- Запах: легкий.
- рН: приблизительно 7.
- Точка кипения: > 200 °С.
- Температура вспышки: > 150 °С.
- Температура самовоспламенения: > 300 °С.
- Давление паров: 82 Па при 20 °С.
- Плотность: 1170 кг / м³ при 25 °С.
- Коэффициент распределения (ноктанол / вода).
- Растворимость в воде: > 3.
- Вязкость, динамическая: Незначительная.
- Другое физико-химическое воздействие: 2,5–4,5 Па × с при 25 °С.
- Кристаллизуется, но не замерзает.

Система смола-цемент Atren-Blockgum

Система Atren Blockgum предназначена для проведения ремонтно-изоляционных работ. Включает в себя композицию синтетических смол, отвердители двух типов (для низких и нормальных температур), ускоритель отверждения системы и модификатор реологии. В зависимости от технологических требований, может дорабатываться для получения эластичной или камнеподобной структуры. Резино-полимерная система для цементирования применяется в процессах первичного цементирования и ремонта скважин с целью приготовления смоло-цементных систем, повышения качества крепления обсадных колонн.

Особенности:

- Возможность применения при пластовых температурах от 5 до 120 °С.
- Высокие адгезионные характеристики отвержденной структуры.
- Высокие прочностные характеристики отвержденной системы.
- Высокая проникающая способность в низкопроницаемые зоны.
- Регулируемые сроки отверждение системы.
- Придание эластичности цементному камню.
- Отсутствие усадки при отверждении системы.

– Инертность образуемой структуры к воздействию технологических и пластовых жидкостей.

Достоинствами этих тампонажных смесей являются малая плотность и вязкость, легкость управления, сроками схватывания раствора, короткий промежуток времени между началом и концом загустевания, высокая коррозионная стойкость и долговечность тампонажного камня.

Литература:

1. Кадыров Р.Р. Разработка технологий первичного крепления и ликвидации негерметичности эксплуатационных колонн с использованием синтетических смол // Технологии нефти и газа. – 2013 – № 1. – С. 49–54.
2. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ : справ. пособие / Ю.В. Поконова [и др.]; Под ред. Ю.В. Поконовой. – СПб. : АНО НПО «Профессионал», 2012. – 1142 с.
3. Фаттахов И.Г. Совершенствование способа приготовления тампонажного состава на основе синтетических смол для ремонтно-изоляционных работ в скважинах / И.Г. Фаттахов, Р.Р. Кадыров, Р.Г. Маркова // Фундаментальные исследования. – 2014 – № 12-10. – С. 2131–2134.
4. Технологии ремонтно-изоляционных работ в высокотемпературных скважинах / С.А. Демахин [и др.] // Нефть и газ Евразия. – 2014. – № 6–7. – С. 68–69.
5. Тампонажные материалы на основе ацетонформальдегидных смол / В.П. Архиреев [и др.] // Пластмассы. – 2007. – № 8. – С. 49–52.
6. Технология ликвидации заколонного перетока с вырезанием части эксплуатационной колонны / Р.А. Табашников [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 7. – С. 37–39.
7. Liquid Bridge Plug. – URL : <https://www.drilllab.com/products-applications-case-studies/resin-technology/liquid-bridge-plug%E2%80%A8/> (date of application 25.05.2021).

Literature:

1. Kadyrov R.R. Development of technologies for primary fixation and elimination of leaks of production columns using synthetic resins // Oil and gas technologies. – 2013 – № 1. – P. 49–54.
2. New Handbook of Chemist and Technologist. Raw materials and industrial products of organic and inorganic substances : handbook / Yu.V. Pokonova [et al.]; Ed. Yu.V. Pokonova. – St. Petersburg : NPO NPO Professional, 2012. – 1142 p.
3. Fattakhov I.G. Improvement of the method of preparation of grouting joint-staves based on synthetic resins for repair and insulation work in wells / I.G. Fattakhov, R.R. Kadyrov, R.G. Markova // Basic research. – 2014 – № 12-10. – P. 2131–2134.
4. Technologies of repair and insulation work in high-temperature wells / S.A. Demakhin [et al.] // Eurasia oil and gas. – 2014. – № 6–7. – P. 68–69.
5. Tamponage materials based on acetone-formaldehyde resins / V.P. Ikireev [et al.] // Plastics. – 2007. – № 8. – P. 49–52.
6. Technology for the elimination of trailing flow with cutting out part of the production column / R.A. Tabashnikov [et al.] // Oil industry. – 2014. – № 7. – P. 37–39.
7. Liquid Bridge Plug. – URL : <https://www.drilllab.com/products-applications-case-studies/resin-technology/liquid-bridge-plug%E2%80%A8/> (date of application 25.05.2021).

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКВАЖИН

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF WELL RECOVERY

Мозговой Георгий Сергеевич

старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий
Самарский государственный технический университет
gsmozgovoi@mail.ru

Милькова Светлана Юрьевна

старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
milkova2109@yandex.ru

Чурилин Дмитрий Сергеевич

студент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
churilin.dmitriy@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается возможность восстановления скважин. Обводнения скважины называется главной причиной перевода эксплуатационных нефтегазовых скважин в бездействующий фонд. Предлагаются современные технологии и новшества для работы с малорентабельным фондом скважин и при КРС.

Ключевые слова: обводнение скважин, современные технологии, причины обводнения скважин, восстановление скважин, эффективность технологий.

Mozgovoi Georgii Sergeevich

Senior Lecturer of the Department «Drilling Oil and Gas Wells»,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
gsmozgovoi@mail.ru

Milkova Svetlana Yuiryevna

Senior lecturer of the Department « Drilling Oil and Gas Wells »,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
milkova2109@yandex.ru

Churilin Dmitriy Sergeevich

Student of the Department « Drilling Oil and Gas Wells »,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
churilin.dmitriy@mail.ru

Annotation. This paper discusses the possibility of well recovery. Well flooding is said to be the main reason for the transfer of production oil and gas wells to inactive stock. Modern technologies and innovations are offered for working with marginal well stock and workover.

Keywords: watering of wells, modern technologies, causes of watering of wells, recovery of wells, efficiency of technologies.

По состоянию на 2017 год в России бездействующими считались 24 тысячи скважин, что составляло 14 % от эксплуатационного фонда. Столь высокий процент обусловлен малой рентабельностью этих скважин, ввиду низкого значения коэффициента извлечения нефти (КИН).

С 1960 по 2020 гг. коэффициент извлечения нефти в России снизился с 51 % до 35 %, утвержденная проектная величина КИН продолжает неуклонно снижаться и опустилась до уровня 27–28, что является одним из наиболее низких уровней использования запасов нефти в мире. Падает и дебит нефтяных скважин. К 2030 году он может составить всего 5,39 тонн в сутки вместо 7,8 тонн в 2015 году.

По состоянию на 2021 год в России более 15 млрд тонн потенциально извлекаемых запасов, по некоторым оценкам, хранят в себе заброшенные и бесхозные скважины, но условий для их расконсервации и доработки в России нет.

Главной причиной перевода эксплуатационных нефтегазовых скважин в бездействующий фонд является обводнение.

Обводнение скважин – естественный процесс в ходе разработки любого месторождения углеводородных ресурсов, достаточно большая и широко распространенная проблема. Обводнение скважин происходит в результате перемещения водонефтяного контакта во внутреннюю часть залежи, где раньше была нефть, неоднородность пласта оказывает на это не малое влияние. Обводнение скважин приводит к ряду проблем, таких, как дебит скважины становится недостоверным – снижение текущей добычи нефти, снижение дебита газовых скважин, необходимость сепарации большого количества жидкости и увеличение риска гидратообразования.

Причины и пути прорыва воды в добывающие скважины можно разделить на две группы:

1. Причины – следствия геологических особенностей объекта:
 - Неоднородность пласта по площади и по толщине;
 - Высоковязкие нефти;
 - Трещиноватый тип коллектора.
2. Причины, связанные с технологическими факторами:
 - Особенности размещения добывающих и нагнетательных скважин;
 - Плотность закачиваемой жидкости;
 - Негерметичность эксплуатационной колонны и цементного кольца.

Обводненность скважин наряду с производительностью является одним из важнейших показателей, определяющих величину прямых затрат на добычу.

Преждевременное обводнение пластов и скважин приводит к существенному снижению текущей добычи нефти и конечной нефтеотдачи, а следовательно – к большим экономическим потерям, связанным с подъемом на поверхность, транспортированием, подготовкой и обратной закачкой в пласт больших объемов воды, с необходимостью ускоренного ввода в разработку новых месторождений для компенсации недоборов нефти.

Для повышения возможности восстановления скважин могут применяться современные технологии и следующие новшества к использованию современных технологий по работе с малорентабельным фондом скважин и при КРС.

Все технологии прошли промышленную апробацию и показали свою эффективность. Применение этих технологических решений позволит повысить рентабельность

технологического процесса на малодебитных скважинах и месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами.

Название технологии	Пути увеличения эффективности технологий
Технология изоляции водопритока и заколонных перетоков с применением модифицированных тампонажных составов	Разработка и лабораторный подбор реагентов к объекту воздействия
Технология селективной изоляции водопритока с применением составов на углеводородной основе	Технологический анализ и подбор характеристик реагента
Технология воздействия многокомпонентным интенсифицирующим кислотным составом	Многофакторный выбор компонентов кислотной обработки в соответствии с геолого-техническими условиями
Технология направленного воздействия интенсифицирующим кислотным составом	Использование временно изолирующих тампонажных материалов
Технология реагентно – волнового и волнового воздействия	Использование новых технических решений (устройств)
Технология комплексного воздействия растворителями на призабойную зону скважин	Комплексный подбор растворителей по известным методикам
Технология реагентной разглинизации коллектора.	Статистический анализ применимых технологий и подбор реагентной базы
Технология регулирования заводнения неоднородных пластов с применением осадкообразующих составов	Индикаторные исследования продуктивных пластов
Технология регулирования заводнения неоднородных пластов с применением сшитых полимерных систем	Лабораторный подбор к геологическим условиям воздействия

Процесс оценки возможности восстановления скважин представляет собой оценку рисков. Данный процесс составляют:

Этап 1. Идентификация рисков. На этом этапе осуществляется сбор и сводка первоначальной информации. По итогам анализа определяются наиболее вероятные риски.

Этап 2. Оценка рисков.

Этап 3. Формулирование рекомендаций по уменьшению угроз. На данном этапе нужно совершать разработку и осуществление мер, сосредоточенных на уменьшении угроз, обнаруженных и проанализированных ранее.

Итогом применения выбранной стратегии управления выступает корректировка проанализированных угроз, обнаруженных на втором этапе.

Этап 4. Экспертиза и корректировка. На данном этапе создается экспертное мнение по проделанному анализу угроз. По итогам экспертизы возможна корректировка методов оценки рисков.

Этап 5. Мониторинг. На данном этапе контролируют перемены факторов, анализируемых в качестве устанавливающих риски по проекту, и процесс осуществления мер по управлению рисками.

Пример алгоритма оценки возможности восстановления скважин представлен:

- Определить источник поступления воды в скважину.
- Исследовать текущее состояние скважины.
- Переоценить запасы.
- Выбрать и исследовать соседние скважины.
- Рассчитать начальный дебит скважины.
- Рассчитать прогнозируемый дебит.
- Выполнить оценку рисков (5 этапов).

- Скорректировать проект с учетом возможных рисков.
- Оценить экономическую эффективность.
- Составить график КРС.

Следующим этапом работы является усовершенствование и доработка алгоритма оценки возможности восстановления скважин, составление дерева решений, применимого для каждой скважины. Для этого необходимо провести оценку рисков и реализовать алгоритм оценки возможности восстановления скважин для всех доступных для исследования скважин, подлежащих восстановлению либо уже восстановленных к моменту исследования.

Литература:

1. Билянский К.В. Борьба с обводнением скважин // Молодой ученый. – 2020. – № 7(297).
2. Якупов Б.Т. Методы, инструменты и оценка рисков в нефтегазовой отрасли / Б.Т. Якупов // Синергия наук. – 2018. – № 27.
3. Re-Entry of Existing Wells for Drilling and Completion of Multi-Lateral Wells R.C. Jones, Baker Oil Tools.
4. Reentry Wells: A New Life to Aging Fields Sajjad Hussain, Yvon Huelvan, Azah Ismail, Daryl Walker, and Jason Blackburn, Schlumberger
5. Re-habilitation plan for a mature oilfield on-shore Azerbaijan – Working both ends of the spectrum Phil Maxwell, Joe Haskell, Allan Eisenbart, CEG (Caspian Energy Group) Ray Larijani, Dick Bischke, Louis Berent, Machiel Butter (Halliburton Drilling Evaluation & Digital Solutions).
6. URL : <https://nangs.org/news/upstream/kazhdoy-skvazhine-poadresu-inalogu>

Literature:

1. Bilyanskiy K.V. Fight against watering of wells // Young scientist. – 2020. – № 7(297).
2. Yakupov B.T. Methods, tools and risk assessment in the oil and gas industry / B.T. Yakupov // Synergy of Sciences. – 2018. – № 27.
3. Re-Entry of Existing Wells for Drilling and Completion of Multi-Lateral Wells R.C. Jones, Baker Oil Tools.
4. Reentry Wells: A New Life to Aging Fields Sajjad Hussain, Yvon Huelvan, Azah Ismail, Daryl Walker, and Jason Blackburn, Schlumberger
5. Re-habilitation plan for a mature oilfield on-shore Azerbaijan – Working both ends of the spectrum Phil Maxwell, Joe Haskell, Allan Eisenbart, CEG (Caspian Energy Group) Ray Larijani, Dick Bischke, Louis Berent, Machiel Butter (Halliburton Drilling Evaluation & Digital Solutions).
6. URL : <https://nangs.org/news/upstream/kazhdoy-skvazhine-poadresu-inalogu>

МЕТОД НАПРАВЛЕННОЙ РАЗГРУЗКИ ПЛАСТА

METHOD OF DIRECTED UNSTRESSING OF THE FORMATION

Парфенов Кирилл Викторович

студент,
кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
kparfenovv@gmail.com

Букин Павел Николаевич

старший преподаватель,
кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Институт нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
bukin.pavel@mail.ru

Мозговой Георгий Сергеевич

старший преподаватель,
кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
Института нефтегазовых технологий,
Самарский государственный технический университет
gsmozgovi@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается метод направленной разгрузки пласта, который позволяет совместить освоение скважины с одновременным восстановлением проницаемости пласта в призабойной зоне. За счет неравномерной направленной разгрузки породы от горного давления в окрестности скважины создаются напряжения, которые приводят к растрескиванию породы и созданию в пласте искусственной системы множественных макротрещин. Система трещин играет роль искусственной сетки фильтрационных каналов, причем проницаемость этой новой системы фильтрационных каналов на порядок превышает природную проницаемость пласта.

Ключевые слова: призабойная зона пласта, проницаемость, трещинообразование, горное напряжение, 3-х осное сжатие.

Parfenov Kirill Viktorovich

Student,
Department «Drilling Oil and Gas Wells»,
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
kparfenovv@gmail.com

Bukin Pavel Nikolaevich

Senior Lecturer
of the Department of «Oil and Gas Wells Drilling»,
Institute of Oil and Gas Technologies,
Samara State Technical University
bukin.pavel@mail.ru

Mozgovoy Georgy Sergeevich

Senior Lecturer
of the Department of «Oil and Gas Wells Drilling»
Institute of «Oil and Gas Technologies»,
Samara State Technical University
gsmozgovoi@mail.ru

Annotation. This paper discusses the method of directed unstraining of the formation which allows combining well development with the simultaneous permeability build-up of the bottomhole formation zone. Due to the uneven directional unstraining of the rock from the rock pressure, stresses are created in the vicinity of the well, which lead to cracking of the rock and the creation of an artificial system of multiple macrofissures in the formation. The fracture system acts as an artificial mesh of filtration channels, with the permeability of this new system of filtration channels exceeding the natural permeability of the formation.

Keywords: bottomhole formation zone, permeability, fissuring, rock stress, 3-axis compression.

При бурении, освоении и эксплуатации в окрестности скважины возникают напряжения, которые существенно влияют на формирование фильтрационных свойств ПЗП. Однако роль этих напряжений на фильтрационные свойства призабойной зоны пласта исследована недостаточно. Исходя из результатов теоретических исследований, лабораторных испытаний кернового материала из коллекторов различных месторождений и опытно-промышленных работ на скважинах можно сделать вывод, что деформационные процессы, которые протекают в нефтяных пластах под воздействием напряжений, возникающих при пробуривании и эксплуатации скважин, могут значительно влиять на дебит скважин.

Таблица 1 – Классификация горных пород

Наименование	Представители	Свойства
1 категория	плотные крепко сцементированные мелкозернистые песчаники, аргиллиты, доломиты	Деформируются под действием приложенных напряжений чисто упруго. По мере роста напряжений проницаемость уменьшается обратимо (после снятия напряжений она возвращается к начальному значению)
2 категория	мелко- средне- и крупнозернистые песчаники с небольшим содержанием глины, алевролиты и известняки	Деформируются неупруго при достижении напряжениями определенной величины депрессии в скважине, которая зависит от типа породы, условий залегания, пластового давления и других факторов. По мере роста неупругих деформаций проницаемость породы значительно (необратимо) уменьшается. Когда деформация достигает некоторой критической величины, порода начинает растрескиваться и разрушаться, при ее проницаемость резко увеличивается по сравнению с первоначальным значением
3 категория	песчаники с большим содержанием глины	Такие породы уже при незначительных депрессиях начинают интенсивно деформироваться, при этом их проницаемость резко падает. Однако даже при значительных деформациях разрушение образцов не наступает, они продолжают деформироваться почти с постоянной скоростью, а проницаемость их при этом постепенно необратимо уменьшается

Возникающие в породе напряжения, зависящие от структуры и деформационных свойств породы, глубины залегания пластов и пластового давления нефти, конструкции забоя скважины и условий ее эксплуатации могут в разы и даже десятки раз, необратимо изменять проницаемость породы в призабойной зоне пласта процессы фильтрации

и, соответственно, на интенсивность нефтегазопритоков в скважину. Проницаемость может, как увеличиваться, так и уменьшаться.

На основе анализа результатов большого цикла экспериментальных исследований свойств пород нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений из разных регионов России, залегающих на различных глубинах, была предложена классификация пород по их реакции с точки зрения фильтрационных свойств на изменение напряженного состояния в зависимости от их литологического состава и структуры. Выделено три категории горных пород [2].

На сегодняшний день применяемые методы воздействия на ПЗП с целью улучшения проницаемости породы в призабойной зоне пласта направлены на «прочистку» засоренных в процессе эксплуатации (а также при бурении) фильтрационных каналов. Но зачастую это оказывается невозможным.

Имеется принципиально другая возможность восстановления проницаемости призабойной зоны пласта, основанная на том же подходе, что и при решении проблемы устойчивости стволов скважин в процессе их бурения и эксплуатации. При решении проблемы устойчивости стволов скважин задача заключается в том, чтобы не допустить растрескивание и разрушение породы в окрестности скважины. Однако процесс растрескивания и разрушения породы в окрестности скважины может быть использован и во благо. Академик С.А. Христианович предложил использовать этот процесс для повышения проницаемости призабойной зоны пласта, и на основе этой идеи был разработан новый метод повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин – метод направленной разгрузки пласта [1].

Поскольку процесс трещинообразования развивается постепенно и распространяясь со временем вглубь пласта, то вторым важным аспектом метода направленной разгрузки пласта является необходимость поддержания требуемого давления на забое скважины в течение достаточно длительного времени. Это связано с перестройкой воронки депрессии в окрестности скважины и с тем, что при больших напряжениях горные породы перестают быть упругими, и начинают деформироваться во времени.

Применение метода НРП показало, что не удастся создать в пласте напряжения, необходимые для растрескивания породы только за счет снижения давления на забое скважины. Поэтому до снижения давления на забое скважины необходимо предварительно внести в пласт концентраторы напряжений, в окрестности которых напряжения значительно возрастают.

Перфорационные отверстия, горизонтальные или вертикальные щели могут выступать в качестве концентраторов напряжений.

Наличие концентраторов напряжений позволяет не только инициировать рост процесса трещинообразования в окрестности скважины, но и сделать его более интенсивным и протяженным.

Естественно, наиболее простым решением будет – дополнительная перфорация. Проблема заключается лишь в том, что величина напряжений, возникающих вокруг перфорационных отверстий, зависит от их формы и объема, плотности и т.д. Поэтому для данной цели наиболее пригодны перфорационные отверстия, у которых форма близка к цилиндрической.

Чтобы сделать процесс трещинообразования более интенсивным и распространить его максимально вглубь пласта, давление на забое скважины еще больше понижается и выдерживается необходимое время.

После проведения работ по методу направленной разгрузки пласта давление на забое скважин повышается до эксплуатационных значений.

При гидроразрыве пласта после выполнения работ давление в скважине понижается. Соответственно понижается давление и в трещине гидроразрыва. Поэтому для поддержания ее раскрытия приходится закачивать в трещину пропант. При использо-

вании метода НРП после проведения работ давление на забое скважины повышается. Соответственно повышается давление и внутри образовавшихся трещин. Поэтому они не только не закрываются, но даже несколько раскрываются, дополнительно увеличивая тем самым проницаемость породы в окрестности скважины,

Эффект от применения метода направленной разгрузки пласта состоит из двух факторов – ликвидация эффекта кольматации и фактического увеличения поверхности фильтрации вокруг скважины.

1. При бурении и цементировании скважины вокруг нее в призабойной части пласта образуется зона пониженной проницаемости (зона кольматации). Существует несколько причин образования этой зоны. Первая – это возникновение глинистой корки на поверхности скважины. Вторая – это засорение природных фильтрационных каналов твердыми частицами бурового раствора при бурении и частицами тампонажного раствора при цементировании скважин и др. Проницаемость породы в зоне кольматации в основном ниже природной в десятки раз. Проницаемость пласта в ПЗП ухудшается не только при бурении скважин, но и при их эксплуатации. В результате дебит скважин оказывается значительно пониженным в сравнении с потенциально возможным.

2. Вторым фактором, который приводит к увеличению приемистости скважин при использовании метода НРП, является фактическое увеличение поверхности фильтрации воды в пласт за счет существенного (в десятки раз) увеличения проницаемости породы в ПЗС.

Метод направленной разгрузки пласта применим для любых глубин залегания пластов. Более того, его эффективность для глубоко залегающих месторождений (3 км и более) должна быть выше, чем для неглубоких месторождений (менее 1,5–2 км). Наличие аномально высоких пластовых давлений также способствует применению метода георыхления [1].

Практика показывает, что на необсаженных стволах обычно удается достичь 2–4-х кратного увеличения дебита, на обсаженных стволах 1,5–2 кратного увеличения. Продолжительность сохранения эффекта обычно составляет несколько месяцев – до года [1].

Литература:

1. Коваленко Ю.Ф. Геомеханика нефтяных и газовых скважин : дис. ... 01.02.04. – М. : Учреждение Российской Академии наук институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН, 2012.
2. Карев В.И. Влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационный процесс и дебит скважин : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – 2010. – С. 30.
3. Увеличение продуктивности нефтяных скважин с помощью метода георыхления / С.А. Христианович [и др.] // Нефть и газ Евразия. – 2000. – № 2. – С. 90–94.
4. Коваленко Ю.Ф. Метод георыхления – Новый подход к проблеме повышения продуктивности скважин / Ю.Ф. Коваленко, В.И. Карев // Технологии ТЭК. – 2003. – № 1. – С. 31–35.
5. Исследование и прогнозирование устойчивости горных пород в горизонтальных скважинах баженовских отложений, бурящихся в условиях депрессии / В.И. Карев [и др.] // Технологии ТЭК. – 2004. – № 5. – С. 18–23.
6. Войтенко В.С. Прикладная геомеханика в бурении. – М. : Недра, 1990. – 252 с.

Literature:

1. Kovalenko Y.F. Geomechanics of oil and gas wells : dis. ... 01.02.04. – М. : Establishment of Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences, 2012.

2. Karev V.I. Influence of stress-strain state of rocks on filtration process and well flow rate : autorec. dis. ... for the degree of doctor of technical sciences. – 2010. – P. 30.
3. Increasing the productivity of oil wells using the method of geo-loosening / S.A. Khristianovich [et al.] // Oil and gas Eurasia. – 2000. – № 2. – P. 90–94.
4. Kovalenko Y.F. Georeaking method – A new approach to the problem of increasing the productivity of wells / Y.F. Kovalenko, V.I. Karev // Tekhnologii TEK. – 2003. – № 1. – P. 31–35.
5. Investigation and prediction of rock stability in horizontal wells of Bazhenov deposits drilled under depression conditions / V.I. Karev [et al.] // Tekhnologii TEK. – 2004. – № 5. – P. 18–23.
6. Voitenko V.S. Applied Geomechanics in Drilling. – M. : Nedra, 1990. – 252 p.

**КАСКАДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЯЧЕЕК РАЗЛИЧНОГО ТИПА**

CASCADE CONNECTIONS OF CONVERTER CELLS OF VARIOUS TYPES

Плахотнюк Александр Николаевич

доктор технических наук,
профессор кафедры «Электротехника и электрические машины»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
alexanderplahotniuk@ yandex.ru

Креминский Богдан Олегович

аспирант,
ассистент кафедры «Электротехника и электрические машины»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
bogdankreminskii@mail.ru

Тибекин Илья Эдуардович

магистрант кафедры «Электротехника и электрические машины»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
ilya_tibekin@mail.ru

Сурков Александр Сергеевич

студент кафедры «Электротехника и электрические машины»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
kolipo333@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы комбинирования каскадных соединений схем, определено влияние фильтрующего конденсатора с целью упрощения схемы преобразователя для надежности эксплуатации, приведено схемное решение преобразователя с гальванической развязкой.

Ключевые слова: фильтрующий конденсатор, коэффициент передачи, силовой коммутатор, электромагнитные помехи, преобразовательная ячейка.

Plahotnyk Alexandr Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
alexanderplahotniuk@ yandex.ru

Kreminskiy Bogdan Olegovich

Graduate Student,
Assistant of the Department of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
bogdankreminskii@mail.ru

Tibekin Ilya Eduardovich

Master student of the Department
of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
ilya_tibekin@mail.ru

Surkov Alexandr Sergeevich

Student of the Department
of «Electrical Engineering and Electrical Machines»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
kolipo333@yandex.ru

Annotation. The issues of combination of cascade connections of circuits are considered, the influence of the filter capacitor is determined in order to simplify the converter circuit for reliability of operation, the circuit solution of the converter with galvanic isolation is given.

Keywords: filtering capacitor, transmission coefficient, power switch, electromagnetic interference, converter cell.

Комбинируя каскадные соединения схем ППН-1 и ППН-2, можно получить некоторые полезные и хорошо известные ППН-схемы.

Одна из таких схем представлена на рисунок 1 (а). Её можно существенно упростить небольшим изменением топологии, что отражено на рисунке 1 (а, в) и рисунке 2.

Для схемы преобразователя на рисунке 1 (б) предполагается, что ключи S_1 и S_2 работают синхронно, а относительные длительности их состояний «замкнуто» одинаковы. Поэтому функции элементов S_1 , S_2 , VD1 и VD2 могут быть выполнены, как показано, некоторым эквивалентным двухполюсным перекидным переключателем. Отметим, что в схеме этого преобразователя отсутствует конденсатор C_1 .

Ранее в схеме ППН-1 такой конденсатор всегда использовался. Однако при определенных условиях необходимость в нем отпадает. Теоретически дроссель схемы ППН-1 может иметь произвольно большую индуктивность, чтобы без дополнительной конденсаторной фильтрации выходного напряжения пульсации тока через дроссель были очень малы. На практике, однако, значительно выгоднее включить на выход схемы ППН-1 фильтрующий конденсатор, чтобы уменьшить размеры дросселя. Выходной конденсатор преобразователя ППН-2 не может быть исключен из схемы, потому что выходной ток силового коммутатора этого преобразователя всегда является пульсирующим и имеет скачки независимо от того, каких размеров дроссель используется. В схеме на рисунке 1 (а) допустимы значительные пульсации тока через дроссель L_1 поскольку L_2 и C_2 образуют вторую ступень низкочастотной фильтрации.

После исключения конденсатора C_1 дроссели L_1 и L_2 могут быть объединены в один элемент, как показано на рисунок 1 (е) где этот элемент включен в одну из ветвей схемы.

Если на выходе преобразователя требуется получить полярность напряжения, противоположную полярности напряжения источника питания, то схему ППН можно еще больше упростить, поменяв местами дроссель и двухполюсный переключатель. В результате получается ППН-схема, представленная на рисунке 2 (а). Практический вариант этой схемы показан на рисунке 2 (б).

Преобразователь, выполненный по такой схеме, известен как полярно-реверсирующий ППН. Для краткости будем называть его преобразователем ППН-3.

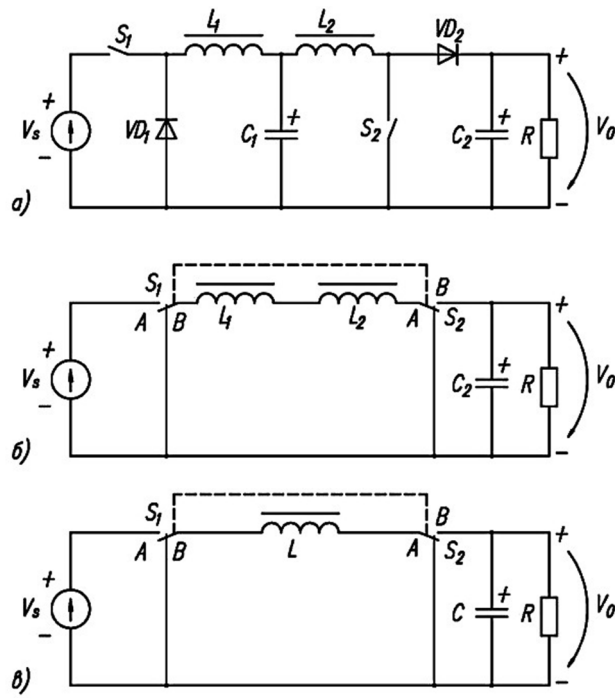


Рисунок 1 – Эволюция составной схемы ППН-1 – ППН-2

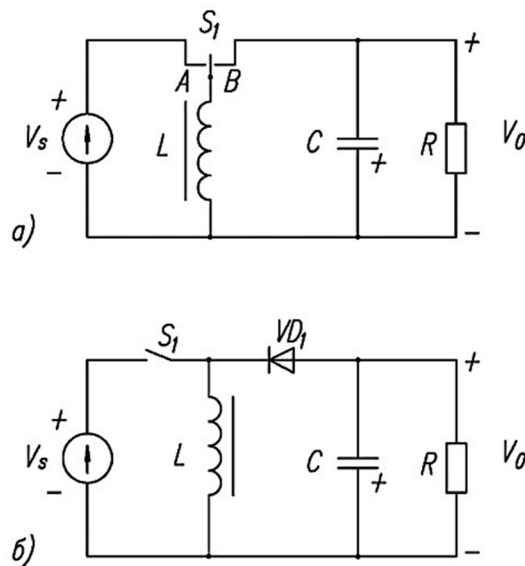


Рисунок 2 – Переход от составной схемы ППН-1 – ППН-2 к схеме ППН-3

Схема ППН-3 содержит такое же количество компонентов, что и схемы ППН-1 и ППН-2. Статический коэффициент передачи на напряжения этой схемы в предположении идеальности указанных компонентов и работы ее в режиме непрерывного потока равен $D/(1-D)$. Следовательно, в схеме ППН-3 выходное напряжение может быть как больше, так и меньше напряжения источника питания.

Следовательно, в схеме ППН-3 выходное напряжение может быть как больше, так и меньше напряжения источника питания.

Однако это достоинство схемы достигнуто за счет ухудшения других свойств.

Как входной ток схемы, так и выходной ток силового коммутатора, имеют скачки, что требует увеличения размеров дополнительных входного и выходного фильтров, обычно устанавливаемых в преобразователе для уменьшения генерируемых им электромагнитных помех. Кроме того, при тех же значениях мощности нагрузки и ста-

тического коэффициента передачи напряжения тока через ключ и диод в схеме ППН-3 больше, чем в схемах ППН-1 или ППН-2. Поэтому схема ППН-3 при больших значениях преобразуемой мощности используется редко.

Схему ППН-3 можно рассматривать как особую комбинацию схем ППН-1 и ППН-2, а не как элементарную преобразовательную ячейку во всем классе преобразователей постоянного напряжения. В дальнейшем данная концепция принята в качестве основной, хотя, конечно, она и является спорной.

При построении на основе схемы ППН-3 многоканального или одноканального ППН с гальванической развязкой между источником питания и нагрузкой нет необходимости в применении ТПП.

Литература:

1. Гайтова Т.Б. Двухходовая электрическая машина для нетрадиционной энергетики // Сборник тезисов докладов научно-практич. конференции «Повышение эффективности работы систем электроснабжения и электрооборудования Кубани». – Краснодар, 1995. – С. 36–37.
2. Бирзниекс Л.В. Импульсные преобразователи постоянного тока. – М. : Энергия, 1974. – № 2(64), № 2(69).
3. Костенко М.П. Состояние и задачи развития электроприводов с частотным электромашинным и электронно-ионным управлением / М.П. Костенко, Д.А. Завалишин // Научно-технические проблемы автоматики зированного электропривода. – М. : АН СССР, 1957. – С. 82–98.
4. Сандлер А.С. Преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями / А.С. Сандлер, Р.С. Сарбатов. – М. : Энергия, 1966. – 144 с.
5. Шуйский В.П. Расчет электрических машин / Пер. с немецк. – М. : Энергия, 1968. – 732 с.
6. Двухмерная электрическая машина для системы автономного электроснабжения / А.В. Самородов [и др.] // Сборник тезисов докладов международной научно-практич. конфер. «Электротехника электромеханика и электротехнология» МКЭЭ-98. – М. : Изд-во МЭИ, 1998. – С. 266–267.

Literature:

1. Gaitova T.B. Two-way electric machine for non-traditional power engineering // Collection abstracts of reports of scientific practitioners. Conference «Improving the efficiency of power supply systems and electrical equipment of the Kuban». – Krasnodar, 1995. – P. 36–37.
2. Birznieks L.V. DC pulse converters. – M. : Energy, 1974. – № 2(64), № 2(69).
3. Kostenko M.P. The state and problems of the development of electric drives with frequency electric machine and electron ion control / M.P. Kostenko, D.A. Zavalishin // Scientific and technical problems of automatic electric drive. – M. : Academy of Sciences of the USSR, 1957. – P. 82–98.
4. Sandler A.S. Frequency converters For control of asynchronous motors / A.S. Sandler, R.S. Sarbatov. – M. : Energy, 1966. – 144 p.
5. Shuisky V.P. Calculation of electric machines/pen. From German. – M. : Energy, 1968. – 732 p.
6. Two-dimensional electric machine for autonomous power supply system / A.V. Samorodov [et al.] // Collection abstracts of reports of international scientific practitioners. confer. «Electrical Engineering and Electrical Engineering» MKEE-98. – M. : MPEI Publishing House, 1998. – P. 266–267.

НАРУШЕНИЕ ЗАКОНА ДАРСИ. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЗАКОНЫ ФИЛЬТРАЦИИ

BREAKING DARCY'S LAW. NONLINEAR FILTRATION LAWS

Поляков Алексей Владимирович

доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
polyakov0804@mail.ru

Терещенко Иван Анатольевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
ongptr@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено нарушение закона Дарси при движении жидкости в пористых средах с учетом сил инерции и условий фильтрации.

Ключевые слова: закон Дарси, фильтрация, пористость, турбулентный режим, ламинарный режим, жидкость.

Polyakov Alexey Vladimirovich

Associate Professor of the Department «Oil and Gas Field Equipment»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
polyakov0804@mail.ru

Tereshchenko Ivan Anatolyevich

Senior Lecturer
of the Department of «Equipment for Oil and Gas Fields»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
ongptr@mail.ru

Annotation. Violation of Darcy's law during fluid motion in porous media is considered, taking into account inertial forces and filtration conditions.

Keywords: Darcy's law, filtration, porosity, turbulent regime, laminar regime, liquid.

При малых и больших скоростях фильтрации закон Дарси не выполняется. Нарушение закона Дарси при малых скоростях обычно связано с неньютоновскими свойствами нефти.

При больших скоростях начинают проявляться инерционные силы, которые возникают при движении жидкости по извилистому пористому каналу. Проведем аналогию с трубной гидравликой. Потери давления пропорциональны скорости, как при ламинарном режиме движения жидкости в трубе, так и при фильтрации жидкости по закону Дарси. Потери давления пропорциональны квадрату скорости, как при сильно развитом турбулентном режиме движения жидкости в трубе, так и при больших скоростях фильтрации (закон Дарси не выполняется). В трубной гидравлике режим движения определяется по числу Рейнольдса:

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu}. \quad (1)$$

Если число Рейнольдса меньше критического $Re_{кр} = 2320$, то режим движения ламинарный, а если больше, то турбулентный. По аналогии введем число Рейнольдса и при фильтрации. Различными авторами предложено несколько формул для определения числа Рейнольдса, но приведем одну из них – формулу Щелкачева. В этой формуле за характерную скорость принята скорость фильтрации u , за характерный поперечный размер капилляра – корень квадратный из проницаемости пласта. Кроме этого добавлен множитель, который частично учитывает структуру пористой среды – $10/m^{2,3}$. Формулу Щелкачева имеет вид:

$$Re = \frac{10}{m^{2,3}} \text{ и } \frac{\sqrt{k\rho}}{\mu}. \quad (2)$$

Так, как при одной и той же пористости и проницаемости структура пористой среды может быть, которое лежит в пределах разной, то широк разброс в значении критического значения числа Рейнольдса. Обычно принимают $Re_{кр} = 1$. Если вычисленное значение числа Re оказывается меньше нижнего критического значения, то закон Дарси справедлив, если больше верхнего значения, то закон Дарси заведомо нарушен. Скорость фильтрации, при которой нарушается закон Дарси, называется критической скоростью фильтрации ($u_{кр}$).

Однако нарушение линейного закона фильтрации еще не означает перехода от ламинарного движения к турбулентному. Закон Дарси нарушается вследствие того, что силы инерции, возникающие в жидкости за счет извилистости каналов и изменения площади их поперечных сечений, становятся при $u > u_{кр}$ соизмеримыми с силами трения.

Для практических расчетов число Рейнольдса удобнее выражать через массовый расход. Это связано с тем обстоятельством, что при фильтрации газа плотность газа зависит от давления в поперечном сечении, поэтому необходимо эту плотность рассчитывать дополнительно:

$$Re = \frac{10}{m^{2,3}} \frac{Q_m \sqrt{k}}{\mu \omega}. \quad (3)$$

При нарушении закона Дарси зависимость между скоростью фильтрации и градиентом давления dp/ds лучше всего описывается двучленной формулой. Ее еще называют формулой Форхгеймера:

$$-\frac{\partial p}{\partial s} = \frac{\mu}{k} u + \beta \frac{\rho}{\sqrt{k}} u^2, \quad (4)$$

где β – безразмерный коэффициент характеризующий структуру пористой среды.

При малых значениях скорости, вторым слагаемым можно пренебречь, и получим закон Дарси. При больших значениях скоростей первым слагаемым можно пренебречь, и получим закон Краснопольского:

$$-\frac{\partial p}{\partial s} = \beta \frac{\rho}{\sqrt{k}} u^2 \text{ или } u = \left(\frac{\sqrt{k}}{\beta\rho}\right)^{1/2} \left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)^{1/2} = C \left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)^{1/2}. \quad (5)$$

Иногда при нарушении закона Дарси используют одночленный закон фильтрации в виде:

$$u = C \left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)^{1/2}, \quad (6)$$

где C и n некоторые постоянные числа $1 < n < 2$.

В нефтяных скважинах нарушение закона Дарси происходит достаточно редко. Большинство газовых скважин работают при нарушении закона Дарси.

При малых скоростях также происходит нарушение закона Дарси. Это связано или с большой площадью соприкосновения породы и жидкости (в низкопроницаемых коллекторах) или с наличием в нефти смол, парафинов и т.д.

Литература:

1. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.

2. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

3. Об одной математической модели в задаче гидроразрыва нефтеносного пласта / В.И. Дунаев [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 10 (334). – С. 39–41.

4. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

5. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

6. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

7. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

8. Образование отложений в проточной части нагнетателя после извлечения газа из подземного хранилища газа / М.С. Степанов [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – № 2 (112). – С. 61–66.

9. Анализ структуры пен при пеногашении / А.В. Поляков [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 162–166.

10. Анализ способов контроля утечек из трубопроводов / А.В. Поляков [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 167–171.

Literature:

1. Possibilities of expanding the gas supply system of remote settlements of Russian regions with the help of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – V. 6. – P. 225–228.

2. Mathematical model of energetic criterion of brittle failure / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Conference devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

3. About one mathematical model in the task of oil-bearing formation hydraulic fracturing / V.I. Dunayev [et al.] // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 10 (334). – P. 39–41.
4. The study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.
5. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.
6. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.
7. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House – South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.
8. Formation of deposits in the flowing part of the supercharger after gas extraction from underground gas storage / M.S. Stepanov [et al.] // Problems of collection, preparation and transport of oil and oil products. – 2018. – № 2 (112). – P. 61–66.
9. Analysis of foam structure during defoaming / A.V. Polyakov [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 162–166.
10. Analysis of methods of leakage control from pipelines / A.V. Polyakov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 167–171.

ДЕФЕКТОСКОПИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАГНИТНЫМИ МЕТОДАМИ

FLAW DETECTION OF WELDED JOINTS BY MAGNETIC METHODS

Поляков Алексей Владимирович

доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
polyakov0804@mail.ru

Терещенко Иван Анатольевич

старший преподаватель
кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
ongptr@mail.ru

Приходько Марина Геннадьевна

ассистент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
aniram-m03@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности применения магнитной дефектоскопии для сварных соединений.

Ключевые слова: сварные соединения, неразрушающий контроль, магнитное поле, порошок, суспензия.

Polyakov Alexey Vladimirovich

Associate Professor of the Department «Oil and Gas Field Equipment»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
polyakov0804@mail.ru

Tereshchenko Ivan Anatolyevich

Senior Lecturer of the Department of «Equipment for Oil and Gas Fields»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
ongptr@mail.ru

Prihodko Marina Gennadyevna

Assistant
of the Department «Oil and Gas Field Equipment»,
Institute «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
aniram-m03@mail.ru
aniram-m03@mail.ru

Annotation. The features of the use of magnetic flaw detection for welded joints are considered.

Keywords: welded joints, non-destructive testing, magnetic field, powder, suspension.

Для контроля дефектов сварных соединений ферромагнитных изделий все более широко используют магнитные методы неразрушающего контроля. Они основаны на индикации и анализе магнитных полей рассеяния, возникающих в местах нарушения сплошности ферромагнитного сварного шва при воздействии на него магнитного поля. Изменение напряженности магнитного поля в месте дефекта регистрируется с помощью ферромагнитного порошка при магнитопорошковом способе контроля, магнитной пленки при магнитографическом способе и феррозонда или индукционной катушки соответственно при феррозондовом и индукционном способах контроля

Физическая природа метода выражается в намагничивании объекта переменным, постоянным или комбинированным полем. В местах несплошностей это приводит к возникновению полей рассеяния, которые подлежат регистрации и расшифровке. После этого выполняется размагничивание.

По сравнению с другими видами неразрушающего контроля он имеет ряд бесспорных преимуществ:

- высокая чувствительность даже к самым мелким поверхностным и приповерхностным несплошностям, недоступных, например, для обычного визуального и измерительного контроля. Особенно если использовать люминесцентные суспензии и УФ-светильники;
- сравнительно простая технология (относительно той же ультразвуковой дефектоскопии);
- отсутствие больших финансовых затрат. Для ручного магнитного контроля не нужно дорогостоящей аппаратуры и расходников;
- экологичность.

Магнитные порошки и суспензии гораздо безопаснее для здоровья оператора, нежели индикаторные жидкости для капиллярного контроля. Сам рабочий процесс намного «чище», может обойтись без респираторов, менее требователен к вентиляции, спецодежде и пр. С транспортировкой, хранением и утилизацией дефектоскопических материалов намного меньше трудностей.

Разумеется, есть у магнитной дефектоскопии и некоторые изъяны, а именно:

- снижение чувствительности при контроле швов с усилением;
- низкая выявляемость объёмных дефектов (шлаковых включений и пор). Метод подходит, прежде всего, на поиск трещиноподобных несплошностей;
- ограничения по шероховатости. Чем она выше, тем ниже чувствительность;
- определённая зависимость от индивидуального уровня квалификации, знаний, опыта и личных качеств дефектоскописта;
- ограничения по материалам.

Самый распространённый – это, конечно же, магнитопорошковый. На объект наносят индикаторный порошок (чёрную или цветную люминесцентную суспензию), затем намагничивают. На участках без дефектов направление частиц совпадает с направлением магнитных линий. Но при наличии несплошностей картина меняется: порошок скапливается вокруг трещины (волосовины, риски, заусенца и пр.). Полученные индикаторные следы осматривают и измеряют, а по завершении объект размагничивают.

Ещё одна разновидность магнитного контроля – магнитографический метод. Главная его особенность – запись магнитного поля на магнитную ленту для последующего считывания при помощи специального устройства. Технология была востребована преимущественно для стыковых сварных соединений, например, магистральных газопроводов. Допустимая толщина металлической стенки достигала 20–25 мм. Способ продуктивен для выявления плоскостных дефектов и малоэффективен для несплошностей сферической формы.

Индукционный метод магнитного контроля базируется на применении специальных катушек, создающих рассеянные магнитные потоки. Сварное соединение намагничивают, и катушку постепенно смещают вдоль его оси. В местах с несплошностями возникает индукционный ток в витках. Далее прибор считывает эти сигналы и запоминает их. Считается, что индукционный способ недостаточно чувствителен к дефектам малых размеров.

Применение методов магнитного контроля позволяет проводить дефектоскопию на ферромагнитных материалах и достаточно точно выявлять наличие поверхностных и подповерхностных дефектов, при этом данный метод достаточно информативный, прост в использовании и удобный в реализации.

Литература:

1. Возможности расширения системы газоснабжения удалённых населённых пунктов регионов России с помощью автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 225–228.

2. Математическая модель энергического критерия хрупкого разрушения / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 29–32.

3. Решение проблем газификации регионов России путем создания автономных систем газоснабжения / С.И. Шиян [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XVIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 2020. – С. 182–185.

4. Исследование математической модели энергического критерия разрушения хрупких материалов / В.И. Дунаев [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 21–25.

5. Классификация современных методов неразрушающего контроля. Возможность применения для диагностики оборудования нефтегазовой отрасли / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 138–142.

6. Совершенствование технологии борьбы с гидратообразованием / А.В. Поляков [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 181–183.

7. Мозговой Д.Н., Ханюченко Н.Д. Проведение основных диагностических испытаний перед ГРП // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 1. – С. 255–257.

8. Величко Е.И. Современные конструкции уплотняющих затворов плавающих крыш вертикальных стальных резервуаров // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2020. – № 7(331). – С. 49–53.

Literature:

1. Possibilities of expanding the gas supply system of remote settlements of Russian regions with the help of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [et al.] // Bulatov readings. – 2020. – V. 6. – P. 225–228.

2. Mathematical model of energetic criterion of brittle failure / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of International Scientific-Practical Confer-

ence devoted to the 75-th anniversary of the Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 29–32.

3. The solution of the problems of gasification of Russian regions through the creation of autonomous gas supply systems / S.I. Shiyan [etc.] // Technological equipment for mining and oil and gas industry. Proceedings of the XVIII International Scientific and Technical Conference «Readings in memory of V.R. Kubachek», held within the framework of the Ural Mining and Industrial Decade. – Ekaterinburg, 2020. – P. 182–185.

4. The study of the mathematical model of the energy criterion for fracture of brittle materials / V.I. Dunayev [et al.] // Environmental Bulletin of Scientific Centers of the Black Sea Economic Cooperation. – 2019. – V. 16. – № 1. – P. 21–25.

5. Classification of modern methods of non-destructive testing. Possibility of application for diagnostics of the oil and gas industry equipment / A.V. Polyakov [et al.] // Nauka. New generation. Success: materials of International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 138–142.

6. Improvement of technology to combat hydrate formation / A.V. Polyakov [etc.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of the International Scientific-Practical Conference dedicated to the 75-th anniversary of Victory in the Great Patriotic War. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – P. 181–183.

7. Mozgovoy D.N., Khanuchenko N.D. Carrying out basic diagnostic tests before hydraulic fracturing // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vols. – Krasnodar : Publishing House-South, 2020. – V. 1. – P. 255–257.

8. Velichko E.I. Modern structures of sealing closures of floating roofs of vertical steel tanks // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2020. – № 7(331). – P. 49–53.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ
В СИСТЕМАХ С ГЕОТЕРМАЛЬНЫМ ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ**

**NUMERICAL MODELLING OF TEMPERATURE FIELDS
IN SYSTEMS WITH A GEOTHERMAL HEAT PUMP**

Уляшева Вера Михайловна

профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
ulyashevavm@mail.ru

Пономарев Николай Степанович

заведующий кафедрой,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
pnmrv17@mail.ru

Ветрова Ольга Олеговна

студент,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация. Представлены результаты численного моделирования системы дифференциальных уравнений, описывающих тепломассообменные процессы системы теплообеспечения с геотермальным тепловым насосом.

Ключевые слова: тепловой насос, численное моделирование, тепломассообмен.

Ulyasheva Vera Mikhailovna

Professor of the Department «Heat and Gas Supply and Ventilation»,
St. Petersburg State University of Architecture and Construction
ulyashevavm@mail.ru

Ponomarev Nikolai Stepanovich

Head of the Department,
St. Petersburg State University of Architecture and Construction
pnmrv17@mail.ru

Vetrova Olga Olegovna

Student,
St. Petersburg State University of Architecture and Construction

Annotation. The numerical modelling results of a differential equations system describing heat and mass transfer processes of a heat supply system with a geothermal heat pump are presented.

Keywords: heat pump, numerical simulation, heat and mass exchange.

Наряду с поиском и освоением традиционных энергоресурсов (газ, нефть), перспективным направлением является использование возобновляемых источников энергии, в частности, накапливаемой, например, в грунте, технологических выбросах (воздух, вода) и т.п. В некоторых случаях обоснованием применения возобновляемых источников тепловой энергии может быть отсутствие возможности подвода к объекту коммуникаций, дефицит энергоресурсов. Одним из видов энергоэффективных технологий, широко используемых во многих странах, является применение тепловых насосов [1].

В данной работе для теплоснабжения торгового центра применен тепловой насос типа «Земля – Вода». С целью обоснования целесообразности использования теплонасосной технологии выполнено численное моделирование теплообмена вертикального геотермального теплообменника с габаритными размерами $50 \times 20 \times 80$ м. Известно, что для трубопроводов таких систем применяют различные материалы, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Так, геотермальные тепловые насосы с полиэтиленовой трубой и водным раствором являются конструктивно более сложными, но более эффективными и надежными, чем с медной трубой.

Численное моделирование основано на использовании методов численного решения исходной системы дифференциальных трехмерных уравнений движения, неразрывности и энергии [2–5].

В программе SolidWorks была создана 3d-модель всех элементов исследуемого объекта (рис. 1–3). Сеточная модель выстроена при помощи расчётного модуля Mesh с автоматическим заданием расчётных областей и при помощи метода многогранных ячеек на основе поверхностной сетки.

Количество ячеек в расчетной сетке воды 584497, для земли сетка с количеством ячеек 1517296, расчетная сетка для трубы с количеством ячеек 644784.

Использование модуля Flow Simulation позволило произвести расчет распределения температурных полей в моделируемой скважине.

В качестве начальных условий приняты:

- скорость потока $\omega = 0,5$ м/с;
- давление потока на выходе $0,5$ кгс/см²;
- диаметр геотермального зонда – 50 мм;
- расход 12 л/с.

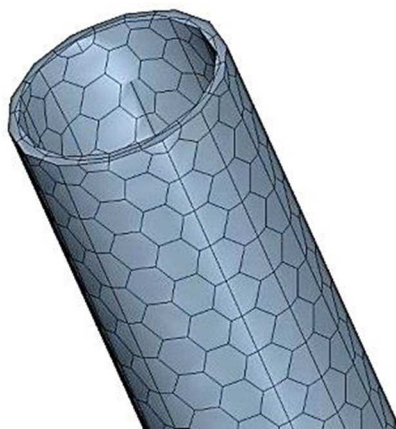


Рисунок 1 – Расчетная сетка для трубы

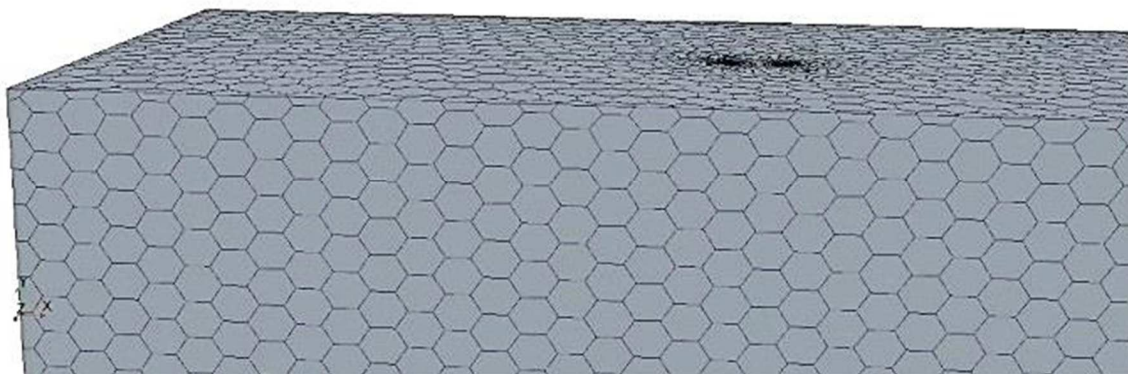


Рисунок 2 – Расчетная сетка для земли

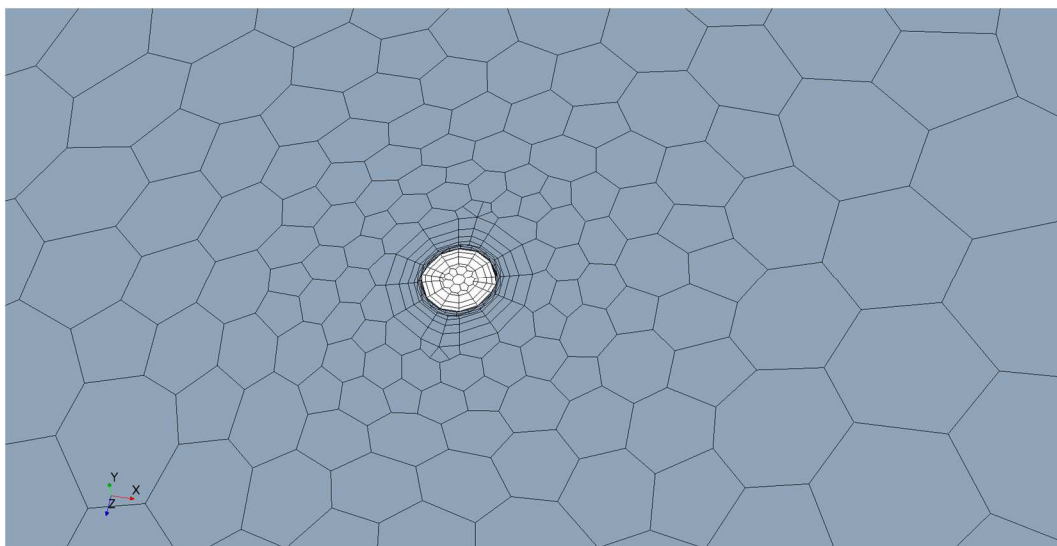


Рисунок 3 – Расчетная сетка с измельчением по областям (земля, труба, вода)

В настоящее время производители теплонасосных систем рекомендуют принимать величину удельного теплового потока в диапазоне от 20 до 150 Вт/пм скважины. Для численного эксперимента принята величина 50Вт/пм.

Численное моделирование выполнено в программном комплексе STAR-CCM+, ниже представлены результаты численного эксперимента (рис. 4–7).

На рисунке 4 приведено температурное поле грунта в разрезе скважины в окрестностях зонда.

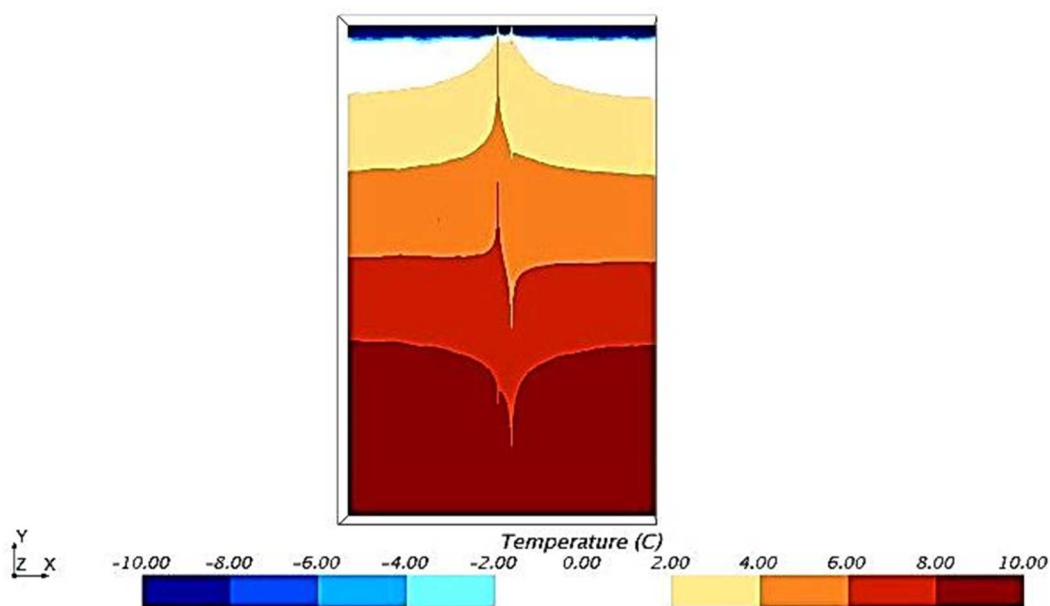


Рисунок 4 – Температурное поле грунта в разрезе скважины в окрестности геотермального зонда

Воронка в сечении вокруг геотермального зонда показывает на сколько и на каком расстоянии от зонда изменяется температура грунта. На сколько можно принять глубину заложения зонда, ниже которой эффективность теплообменника грунт – геотермальный зонд станет эффективной. Анализ графика показывает, что апогеем температурного потока является глубина приблизительно 40м. Вектор передачи теплоты на глубине до 40 м направлен от геотермального зонда (геозонда) к грунту, а на глубине более 40м от грунта к зонду.

Для повышения эффективности геозонда нужно минимизировать тепловой поток до 40 м (в качестве изоляции возможно использовать бетон пористый) и увеличить на глубине более 40 м применением бетона с высокой теплопроводностью и теплоотдачей

Увеличение глубины позволит увеличить тепловой поток, так как возрастает температурный градиент между геозондом и грунтом. Но выполнение сверхглубоких скважин имеет ряд минусов:

- экономическая нецелесообразность;
- значительная статическая высота водяного столба в геозонде.

Скорость движения теплоносителя на входе в трубу равно приблизительно 0,044 м/с (рис. 5, 6). Линии тока на рисунке 7 показывают направления движения теплоносителя в трубопроводе. Вектор плотности теплового потока на глубине 40 м меняет направление, следовательно, на глубине более 40 м нагревается вода, скорость падает.

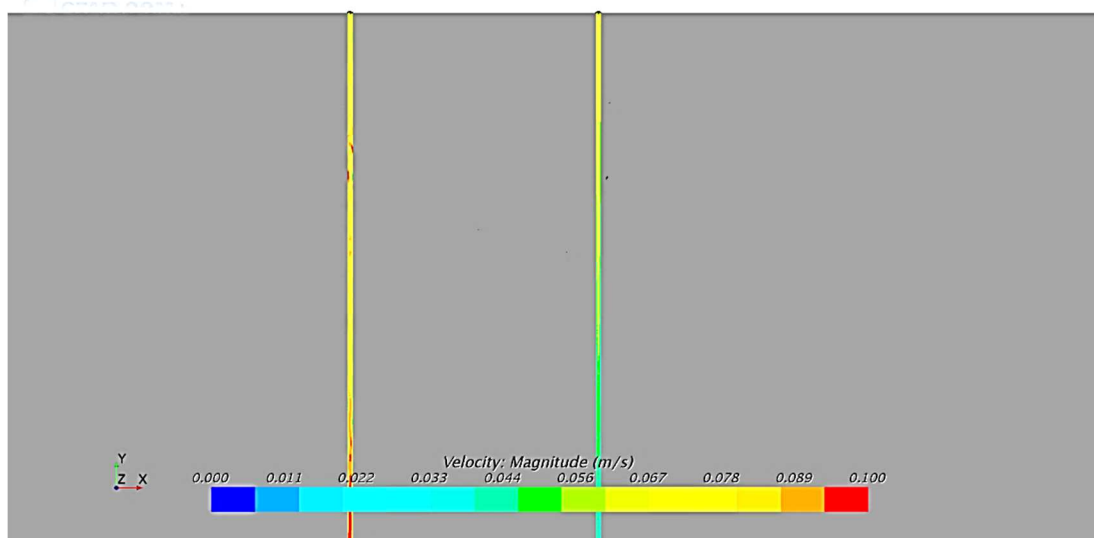


Рисунок 5 – Скорость движения теплоносителя (вода)

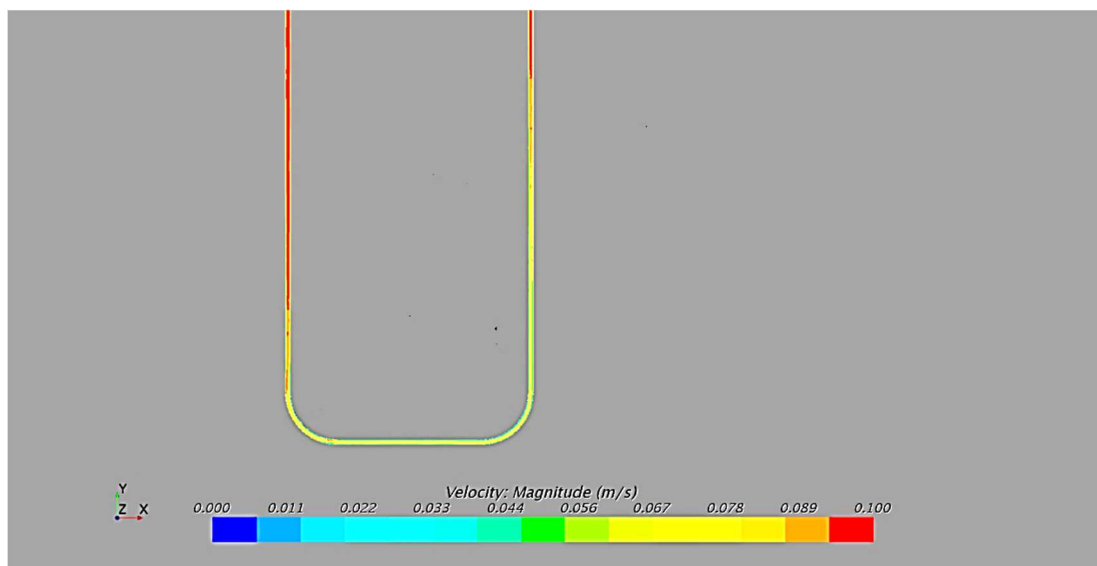


Рисунок 6 – Скорость движения теплоносителя (вода)

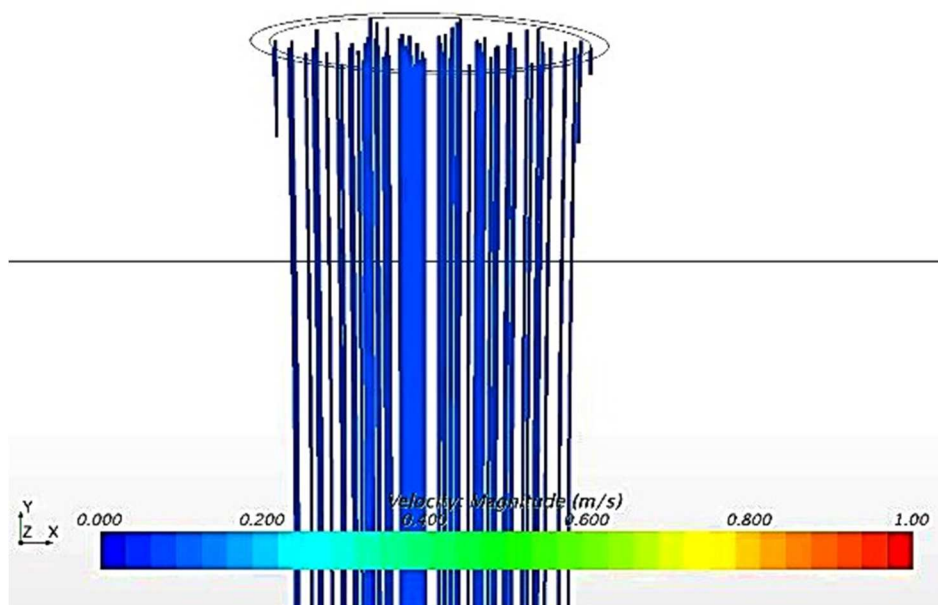


Рисунок 7 – Линии тока

Выполненные расчеты показывают, что наиболее рациональной глубиной скважины для геозонда будет глубина порядка 40м, что снижает затраты на бурение скважин и эксплуатацию такого геотермального теплового насоса, при этом количество скважин определяется нагрузкой на систему теплоснабжения объекта.

Литература:

1. Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре. Информационно-методическое издание. – М. : Издательство «Перо», 2016. – 204 с.
2. Wilcox D.C. Turbulence modeling for CFD (Third Edition) / Dawid C. Wilcox. – USA, California: D C W Industries, 1994. – 522 p.
3. Ferziger J.H. Computational method for fluid dynamics / J.H. Ferziger, M. Peric. – Berlin, Heidelberg, 1999. – 389 p.
4. Aver`yanov V. Selection of turbulence models in case of numerical simulation of heat-, air- and mass exchange processes / V. Aver`yanov, V. Ulyasheva, V. Vasiliev. E3S Web of Conferences 44, 00005. – 2018. – URL : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400005>
5. Zou Y. Comparison of STAR-CCM+ and ANSYS Fluent for Simulating Indoor Airflows / Y. Zou, X. Zxao, Q. Chen. Building Simulation. – № 11(1). – P. 165–174.

Literature:

1. Heat pumps in modern industry and communal infrastructure. Informational-methodical edition. – М. : Publishing hour «Pero». 2016. – 204 p.
2. Wilcox D.C. Turbulence modeling for CFD (Third Edition) / Dawid C. Wilcox. – USA, California: D C W Industries, 1994. – 522 p.
3. Ferziger J.H. Computational method for fluid dynamics / J.H. Ferziger, M. Peric. – Berlin, Heidelberg, 1999. – 389 p.
4. Aver`yanov V. Selection of turbulence models in case of numerical simulation of heat-, air- and mass exchange processes / V. Aver`yanov, V. Ulyasheva, V. Vasiliev. E3S Web of Conferences 44, 00005. – 2018. – URL : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400005>
5. Zou Y. Comparison of STAR-CCM+ and ANSYS Fluent for Simulating Indoor Airflows / Y. Zou, X. Zxao, Q. Chen. Building Simulation. – № 11(1). – P. 165–174.

**КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ
ЛУГИНЕЦКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**RESERVOIR PROPERTIES OF PRODUCTIVE LAYERS
OF THE LUGINETSKY OIL AND GAS CONDENSATE FIELD**

Шампуров Михаил Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Mikhail.Shampurov@gmail.com

Трусков Иван Сергеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
graf-kol12345@mail.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Мишуров Виктор Александрович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Av-va01@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены коллекторские свойства продуктивных пластов, характеристика изменений толщин продуктивных пластов, а также выделение коллекторов и определение их фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) для горизонтов Ю₁ и Ю₂.

Ключевые слова коллектор, пласт, толщина, гидродинамические исследования, свойства, состав.

Shampurov Mikhail Alekseevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
Mikhail.Shampurov@gmail.com

Truskov Ivan Sergeevich

Student training direction 21.03.01 « Oil and Gas Business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
graf-kol12345@mail.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of «Oil and Gas Field Equipment»,
Kuban State Technological University
akngs@mail.ru

Mishurov Viktor Aleksandrovich

Student training direction 21.03.01 « Oil and Gas Business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University

Annotation. This article discusses collector properties to continue productive number of reservoirs, characteristics of changes in thickness of productive reservoirs, as well as collector allocation and also determining their distribution of filtration and capacitive properties (upper FES) for the temperature of the horizons Y_{u1} and Y_{u2} .

Keywords: collector, reservoir, thickness, hydrodynamic studies, properties, composition.

Характеристика изменения эффективных газо- и нефтенасыщенных толщин продуктивных пластов приводится на основании геофизических исследований скважин (ГИС). Выделение коллекторов и определение их фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) для горизонтов $Ю_1$ и $Ю_2$ проводилось по результатам комплексной интерпретации промыслово-геофизических, керновых и гидродинамических исследований. Лабораторные исследования проводились по стандартным методикам. За весь период, начиная с поисково-разведочных работ на месторождении и последующей эксплуатацией по настоящее время, с отбором керна пробурено 62 скважины, из них 25 разведочных.

Всего исследовано 1817 образцов горных пород, представленных песчаниками, алевролитами, аргиллитами.

Несмотря на большое количество геологической информации, отдельные части разреза, особенно верхняя часть (пласты $Ю_1^0$, $Ю_1^1$ и $Ю_1^2$), керном освещены слабо. Наибольший интерес по изучению коллекторских свойств по площади с точки зрения объектов разработки представляют пласты $Ю_1^3$ и $Ю_1^4$.

По пласту $Ю_1^3$ наблюдается определенная закономерность в распределении эффективных толщин, выраженная в увеличении их с запада на восток. При этом толщина в западной и центральной частях площади распространения пласта преимущественно от 5 до 10 м, с мелкими локальными участками от 10 до 14,2 м (район скважин № 791, 1191. 726). Увеличение толщин более 10 м отмечается на востоке центральной части и продолжается в ее восточном направлении. Здесь уже на общем фоне эффективных толщин от 10 до 15 м выделяются отдельные локальные участки, как с толщиной меньше 10 м (скважины № 662 – 16,8 м, № 615 – 16 м, № 590 – 18 м). Уменьшение эффективных толщин пласта происходит за счет глинизации его в кровле, либо в подошве. Нефтенасыщенные толщины имеют в восточной части площади большие значения. Пласт неоднородный, что подтверждается наличием многочисленных пропластков.. толщина которых колеблется в большом диапазоне от 0,3 до 9,6 м. Количество пропластков выделяемое в разрезе скважин, колеблется от 1 до 8 м, среднее значение коэффициента расчлененности в целом по пласту составляет 3,3, для продуктивной части – 3,1.

Песчаность пласта в определенной мере зависит от коэффициента расчлененности, и чем больше песчаность, тем меньше K_p . Так в скважинах, где K_p колеблется от 1 до 3, $K_{пес}$ изменяется в основном в пределах 0,6 – 1,0 и при K_p , равном 4 и выше, $K_{пес}$ – 0,33–0,76. Среднее значение $K_{пес}$ в целом по пласту составляет 0,67, для продуктивной части – 0,73.

Причиной сложного характера изменения эффективных толщин является литологическая изменчивость различных частей пласта. По гранулометрическому составу коллектора представлены мелкозернистыми песчаниками со средним размером зерен 0,131 мм. Коэффициент сортировки в нижней части пласта $Ю_1^3$ изменяется также, как и в нижней части пласта $Ю_1^4$. По характеру изменения этих параметров можно считать, что формирование коллекторов нижней части пласта $Ю_1^3$ происходило в условиях,

сходных с пластом Ю₁⁴, а именно, в мелководной прибрежной части моря. Характер изменения гранулометрического состава и сортировка материала указывают на частую смену гидродинамических условий осадконакопления в различных частях пласта.

Условия формирования отложений пласта Ю₁³ отразились и в характере изменения его коллекторских свойств как по площади, так и по разрезу. По разрезу в целом для пласта наблюдается улучшение коллекторских свойств снизу вверх от 0,13 до 0,21 мкм² для пористости и от 5 до 70 × 10⁻³ мкм² для проницаемости. По площади емкостные характеристики колеблются в пределах 0,16–0,18. При этом несколько преобладают значения К_п, равные 0,17–0,18. На таком фоне выделяются небольшие участки с К_п меньше 0,16 (преимущественно в северо-западной части площади скв. № 567, 568, 602, 170) и больше 0,18 в распространенных равномерно по всей площади.

Западная и центральная части площади распространения пласта характеризуются более низкими фильтрационными свойствами. Примерно в равных долях представлены участки со значениями К_{пр} от 3,6 × 10⁻³ мкм² (скв. № 1202) до 10 × 10⁻³ мкм² и от 10 до 20 × 10⁻³ мкм². Значения К_{пр} пласт более 20 × 10⁻³ мкм² отмечаются на небольших локальных участках, более 30 × 10⁻³ мкм² – в единичных скважинах (скв. № 657).

По данным кернового материала, представленного в значительном объеме по пласту, видно, что пористость по ГИС в большинстве случаев несколько выше, чем по керну, за исключением скв. № 843, 778. По проницаемости К_{пр} картина неоднозначна: по керну во много раз выше, чем по данным ГИС и наоборот. Поэтому сделать какие-либо однозначные выводы не представляется возможным, требуется более углубленный анализ материалов, для чего необходимо проведение обширных лабораторных исследований керна.

Гидродинамические исследования по пласту проведены в 61 скважине в процессе эксплуатации месторождения. Среднее значение коэффициента проницаемости, полученное в результате исследований, равно 6,7 × 10⁻³ мкм², что ниже значений К_{пр}, полученных по керну и ГИС. Это, видимо, связано с естественным ухудшением параметра в процессе разработки месторождения.

В целом по пласту для газонасыщенной его части ФЕС несколько выше, чем для нефтенасыщенной, что подтверждается лабораторными исследованиями керна, данными ГИС.

В таблице приведены основные геолого-физические характеристики продуктивных пластов УДНГ ЦДНГ-5.

Таблица 1 – Геолого-физические характеристики продуктивных пластов Лугинецкого месторождения

Параметр	Лугинецкое месторождение				
	Ед. изм.	Ю ₁ ⁰⁻²	Ю ₁ ³	Ю ₁ ⁴	Ю ₂
1	2	3	4	5	6
Средняя глубина залегания	м	2260	2279	2298	2314
Тип залежи	Пластово-сводовая				
Тип коллектора	Поровый				
Средняя общая толщина	м	18,4	14,2	11,6	22,8
Средняя эффективная толщина	м	2,9	9,7	8,3	11,5
Средняя нефтенасыщенная толщина	м	3,5	6,6	5,3	3,15
Средняя водонасыщенная толщина	м	3	8,1	6,7	9,3
Пористость	Доли ед.	0,157	0,166	0,175	0,174
Средняя нефтенасыщенность ЧНЗ	Доли ед.	0,67	0,62	0,64	0,57
Средняя нефтенасыщенность ВНЗ	Доли ед.	0,67	0,62	0,64	–
Проницаемость (по геофизике и керну)	мкм ²	0,006	0,014	0,024	0,008
Коэффициент песчанности	Доли ед.	0,45	0,67	0,71	0,5
Коэффициент расчлененности	Доли ед.	4,1	3,3	3,3	5,6

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Начальная пластовая температура	°С	81	81	81	81
Начальное пластовое давление	атм.	243	243	243	243
Вязкость нефти в пл. условиях	МПа×с	0,3	0,3	0,3	0,3
Плотность нефти в пл. условиях	кг/м ³	639	639	639	639
Плотность нефти в пов. условиях	кг/м ³	828	828	828	828
Абсолютная отметка ВНК	м	2244	2244	2244	2244
Объемный коэффициент нефти	Доли ед.	1,63	1,63	1,63	1,63
Содержание серы в нефти	%	0,2–0,51	0,4	0,32	0,46
Содержание парафина в нефти	%	0,65–6,25	3,3	3,09	2,46
Давление насыщения нефти газом	атм.	243	243	243	243
Газосодержание нефти	м ³ /т	223	223	223	223
Вязкость воды в пл. условиях	МПа×с	0,37	0,37	0,37	0,37
Плотность воды в пл. условиях	кг/м ³	1000	1000	1000	1000
Средняя продуктивность	сут × МПа	8,8	–	–	3,2

Таким образом пласты-коллекторы Лугинецкого месторождения имеют сложное геологическое строение, заключающееся в частом и неравномерном переслаивании проницаемых пропластков различных толщин с непроницаемыми разностями. На продуктивной площади имеется большое количество зон отсутствия коллектора, прослеживается значительная изменчивость фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) как по площади распространения, так и по разрезу.

Литература:

1. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 603 с.
2. Булатов А.И., Савенок О.В., Яремийчук Р.С. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
3. Савенок О.В. Нефтегазовая инженерия при освоении скважин / О.В. Савенок, Ю.Д. Качмар, Р.С. Яремийчук. – М. : Инфра-Инженерия, 2019. – 548 с.
4. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
5. Техника и технология восстановления продуктивности скважины № 1273 Уренгойского месторождения путём зарезки бокового ствола / Е.А. Холопов [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 248–266.
6. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
7. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
8. Шиян С.И., Березовский Д.А. Анализ экономической и технологической эффективности эксплуатации боковых стволов на Красновском газонефтяном месторождении // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 3 (83). – С. 26–37.
9. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутринефтяного сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.
10. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуата-

ции на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

11. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

12. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

13. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

14. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

15. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

16. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

17. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

18. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

19. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

20. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 280–287.

21. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 273–280.

22. Тихонов Е.В. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

23. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

Literature:

1. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie-Yug», 2011. – 603 p.
2. Bulatov A.I., Savenok O.V., Yaremychuk R.S. Scientific bases and practice of oil and gas wells development. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.
3. Savenok O.V. Oil and gas engineering in well development / O.V. Savenok, Yu.D. Kachmar, R.S. Yaremichuk. – M. : Infra-engineering, 2019. – 548 p.
4. Gutsu A.S., Shiyan S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.
5. Technique and technology of restoration of productivity of the well № 1273 of Urengoykoe field by sidetracking / E.A. Kholopov [et al.] // Nauka. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 248–266.
6. Shiyan S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Science. Technique. Tehnologii (Polytechnical Bulletin). – 2020. – № 2. – P. 279–288.
7. Shiyan S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.
8. Shiyan S.I., Berezovsky D.A. Analysis of economic and technological efficiency of operation of sidetracks at Krasnovskoye gas and oil field // Science and Technology in the gas industry. – 2020. – № 3 (83). – P. 26–37.
9. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of the system of in-field collection, preparation and metering of products on Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyan [etc.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.
10. Analysis of actual modes of operation of producing wells in Kliuchevskoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.
11. Features of exploitation of producing wells in Western Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
12. Improved hydro-jet method of oil recovery / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : In 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
13. Methods to increase oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.
14. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of the used downhole equipment / S.I. Shiyan [et al.] // REFERATOTECH : materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

15. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in a field / V.I. Dunayev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
16. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shchekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance // Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
17. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of dual-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
18. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
19. Methods of struggle against hydrate formation during exploitation of wells in a gas field / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.
20. Shiyan S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – P. 280–287.
21. Shiyan S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – P. 273–280.
22. Tikhonov E.V. Development of a hydro-jet method of oil production / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.
23. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyan [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ЛУГИНЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

OIL AND GAS POTENTIAL OF LUGINETSKY BIRTHPLACE

Шупенько Владислав Романович

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Shupenko.vlad16@yandex.ru

Ханджян Левон Андреевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
levon-realmd@mail.ru

Шиян Станислав Иванович

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Оборудование нефтяных и газовых промыслов»,
Кубанский государственный технологический университет
akngs@mail.ru

Трусков Иван Сергеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
graf-kol12345@mail.ru

Шампуров Михаил Алексеевич

студент направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,
Институт «Нефти, газа и энергетики»,
Кубанский государственный технологический университет
Mikhail.Shampurov@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрено Лугинецкое месторождение, также собраны все данные и сведения о продуктивности пластов и нефтегазоносности месторождения.
Ключевые слова: нефтегазоконденсат, залеж, нефтегазоносность, дебит нефти, дебит газа, коэффициента пористости, газовая шапка.

Shupenko Vladislav Romanovich

Student training direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University»
Shupenko.vlad16@yandex.ru

Khanjyan Levon Andreevich

Student of the training direction 21.03.01 «Oil and Gas Business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University
levon-realmd@mail.ru

Shiyan Stanislav Ivanovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of «Oil and Gas Field Equipment»,
Kuban State Technological University»
akngs@mail.ru

Truskov Ivan Sergeevich

Student training direction 21.03.01 «Oil and gas business»,
Institute of «Oil, Gas and Energy»,
Kuban State Technological University»
graf-kol12345@mail.ru

Shampurov Mikhail Alekseevich

Student training direction
21.03.01 «Oil and Gas Business»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University»
Mikhail.Shampurov@gmail.com

Annotation. In this article, the Luginetskoye field is considered, and all data and information about the reservoir productivity and oil and gas content of the field are also collected.

Keywords: oil and gas condensate, deposit, oil and gas content, oil flow rate, gas flow rate, porosity coefficient, gas cap.

Лугинецкое нефтегазоконденсатное месторождение открыто в 1967 году первой поисковой скважиной 152, заложенной в присводовой части структуры, выявленной работами с/п 26/65-66. Лицензия на разработку месторождения ТОМ № 00083 НЭ до 25.03.2014 года выдана ОАО «Томскнефть» ВНК.

Район представляет собой сглаженную слаборасчлененную заболоченную равнину. На территории много болот, однако, большая ее часть покрыта лесом. Абсолютные отметки рельефа варьируют в пределах 75–130 м. Самой крупной на территории является река Чижанка.

Климат района – континентальный, с продолжительной холодной зимой и коротким теплым летом. Зимний период продолжается с ноября по апрель, самая низкая температура в зимнее время минус 40–50 °С. Величина снежного покрова достаточно велика и достигает 1,5 м. Почва промерзает на 1–1,5 м. Нефтегазоносность в пределах Лугинецкого месторождения установлена в отложениях коры выветривания и верхней части разреза известняков доюрского комплекса (горизонт М) и в верхнеюрских отложениях (горизонты Ю₁ и Ю₂).

Промышленная нефтегазоносность Лугинецкого месторождения связана с продуктивными песчано-алевролитовыми коллекторами горизонтов Ю₁ и Ю₂ (верхняя юра). Горизонт Ю₂ вскрыт большинством пробуренных разведочных и эксплуатационных скважин на глубине 2314,4–2426,8 м. Литологически горизонт неоднородный. Общая толщина его варьирует в очень большом диапазоне от 1,5 м (скв. № 510) до 75,1 м (скв. № 166). Средняя эффективная нефте- и газонасыщенная толщина равна, соответственно, 6,8 м и 17 м. Нефтеносность горизонта подтверждена исследованием эксплуатационных скважин. В результате исследования скв. № 728 в интервале 2468–2474 (а.о. – 2246–2250 м) получен приток нефти начальным дебитом 39,2 т/сут на 4 мм штуцере. Запасы УВ по горизонту подсчитаны по категории.

Среднее значение коэффициента пористости, принятое для подсчета запасов, равно 0,176 – для нефтяной части пласта, 0,187 – для газовой, коэффициент нефтенасыщенности – 0,556, газонасыщенности – 0,83.

Горизонт Ю₁ васюганской свиты, содержащий около 95 % запасов нефти и газа месторождения, разделяется на пять продуктивных пластов снизу вверх, Ю₁⁴, Ю₁³, Ю₁², Ю₁¹ и Ю₁⁰, разобщенных глинистыми перемычками толщиной от 1–2 до 10 и более метров. Каждый из перечисленных пластов можно рассматривать как самостоятельную пластовую сводовую залежь.

Пласт Ю₁⁴ неоднородный и представлен песчаниками с небольшими прослоями алевролитов, общая толщина его колеблется от 2,2 м (скв. № 715) до 26,8 м (скв. № 678). Среднее значение нефте- и газонасыщенных в целом по пласту равно, соответственно, 5,8 и

7,1 м. Среднее значение пористости, принятое для подсчета запасов, колеблется от 0,172 для нефтяной части пласта до 0,179 для водонефтяной. В целом по месторождению пласт характеризуется наиболее высокими фильтрационными свойствами, средняя проницаемость 0,024 мкм². Коэффициент нефтенасыщенности минимальный 0,62 в водонефтяной части пласта, максимальное его значение в газонефтяной части пласта и равно 0,694, газонасыщенности – 0,723.

Пласт Ю₁³ имеет повсеместное распространение по площади и вскрыт на глубине 2278,8–2386,4 м (а.о. – 2160,5–2291 м). Среднее значение пористости, принятое для подсчета запасов, колеблется от 0,164 для газонефтяной части пласта, до 0,173 для водонефтяной. Минимальный коэффициент нефтенасыщения 0,601 в водонефтяной части пласта, максимальный – 0,626 приняты для газонефтяной части пласта, коэффициент газонасыщенности для газовой зоны – 0,706, газонефтяной – 0,724.

Пласт Ю₁² вскрыт большинством пробуренных скважин на глубине 2269,6–2372 м (а.о. – 2151,4–2276,6 м) и представлен группой песчаных пропластков. Эффективные нефте- и газонасыщенные толщины в целом по пласту равны, соответственно: 2,2 м и 3,2 м. Коэффициент открытой пористости принятый для подсчета запасов изменяется от 0,156 для нефтяной до 0,169 – для водонефтяной зоны, коэффициент нефтенасыщенности равен 0,599, газонасыщенности – 0,63 для газонефтяной и 0,64 – для газовой зон.

Пласт Ю₁¹ вскрыт на глубине 2260–2376 м (а.о. – 2141,8–2256,8 м) и имеет также зональный характер распространения по площади. Песчаники пласта являются типичными отложениями руслового генезиса. Средние значения эффективных нефте- и газонасыщенных толщин в целом по пласту равны, соответственно, 2,9 м и 2,7 м. Коэффициент пористости, принятый для подсчета запасов, колеблется от 0,152 для газонефтяной до 0,156 для нефтяной и водонефтяной зон.

Коэффициент нефтенасыщенности – 0,648, газонасыщенности для газовой зоны – 0,736, для газонефтяной – 0,715. Пласт испытан в большинстве скважин как самостоятельный объект, так и совместно с пластами Ю₁⁰ и Ю₁². Максимальный дебит газа при опробовании скв. № 152 в интервале 2285–2279 м (а.о. – 2181,2–2175,2 м) составил 120 тыс. м³/сут через 15,4 мм шайбу при депрессии на пласт равной 4,17 МПа. Дебит нефти при совместном опробовании пластов в скв. № 165 в интервале 2326–2312 м (а.о. – 2233,3–2219,3 м) составил 21,7 м³/сут на 8 мм штуцере при депрессии на пласт равной 16,6 МПа. Запасы углеводородов по пласту Ю₁¹ подсчитаны по категории С₁.

Литература:

1. Булатов А.И. Научные основы и практика освоения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, О.В. Савенок, Р.С. Яремийчук. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – 576 с.
2. Савенок О.В., Ладенко А.А. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019. – 275 с.
3. Гуцу А.С., Шиян С.И. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Лебединского газового месторождения // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 2. – С. 156–166.
4. Шиян С.И., Скиба А.С. Технология регулирования системы поддержания пластового давления на Абино-Украинском месторождении // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 279–288.
5. Шиян С.И., Мунтян В.С. Перспективы разработки Северо-Тарасовского нефтяного месторождения с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 2. – С. 289–299.
6. Анализ и обоснование технологии и технических решений организации системы внутривнепромывочного сбора, подготовки и учёта продукции на Некрасовском газоконденсатном месторождении / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : Материалы

Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 266–271.

7. Анализ фактических режимов эксплуатации добывающих скважин Ключевого месторождения и обоснование способа и технологических параметров их эксплуатации на перспективу / Д.В. Шутов [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 272–277.

8. Анализ режимов эксплуатации скважин на Некрасовском газоконденсатном месторождении и обоснование применяемого внутрискважинного оборудования / С.И. Шиян [и др.] // REFERATOTECH : материалы Международной научно-практической конференции : в 3 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – Т. 3. – С. 258–265.

9. Методы борьбы с гидратообразованием при эксплуатации скважин на газовом месторождении / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 424–428.

10. Шиян С.И., Шутов Д.В., Кусова Л.Г. Оценка условий и выявление границ эффективного освоения энергетических ресурсов техногенных месторождений на примере низконапорного газа // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 280–287.

11. Шиян С.И., Суховерова П.А., Шаблий И.И. Анализ методов борьбы с обводненностью скважин на Самитинском нефтяном месторождении // Рассохинские чтения : материалы международной конференции. – Ухта, 2021. – С. 273–280.

12. Развитие гидроструйного способа добычи нефти / Е.В. Тихонов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 323–329.

13. Анализ причин возникновения гидратообразований при эксплуатации скважин на газовых месторождениях / С.И. Шиян [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 419–423.

14. Применение магнитно-импульсной дефектоскопии для контроля за состоянием скважин двухколонной конструкции / А.А. Слепцов [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 220–223.

15. Решение проблемы негативного влияния механических примесей на УЭЦН на примере Ломового месторождения / П.А. Суховерова [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – С. 227–231.

16. Технические особенности систем поддержания пластового давления на месторождении / В.И. Дунаев [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 185–190.

17. Коваленко Д.Р., Шиян С.И., Щеколдин К.С. Заводнение – как одна из систем поддержания пластового давления // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 295–300.

18. Особенности эксплуатации добывающих скважин Западной Сибири / А.В. Владимиров [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 90–94.

19. Совершенствование гидроструйного метода добычи нефти / В.М. Гаргат [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-

практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 95–101.

20. Методы увеличения нефтеотдачи и ограничивающие факторы применения данных методов на примере месторождения им. Ю. Корчагина / Е.В. Медведева [и др.] // Наука. Новое поколение. Успех : материалы II Международной научно-практической конференции : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 1. – С. 399–402.

Literature:

1. Bulatov A.I. Scientific basis and practice of development of oil and gas wells / A.I. Bulatov, O.V. Savenok, R.S. Yaremychuk. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2016. – 576 p.

2. Savenok O.V., Ladenko A.A. Development of oil and gas fields. – Krasnodar : Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2019. – 275 p.

3. Gutsu A.S., Shiyani S.I. Analysis of the current state and development prospects of Lebedinsky gas field // Bulatov readings. – 2020. – V. 2. – P. 156–166.

4. Shiyani S.I., Skiba A.S. Technology of reservoir pressure maintenance system regulation at Abino-Ukrainian field // Nauka. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 279–288.

5. Shiyani S.I., Muntian V.S. Prospects for the development of the North-Tarasovskoye oil field with the use of energy- and resource-saving technologies // Science. Technique. Tekhnologii (Polytechnicheskiy Vestnik). – 2020. – № 2. – P. 289–299.

6. Analysis and justification of technology and technical solutions for the organization of the system of in-field collection, preparation and accounting of production at Nekrasovskoye gas condensate field / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : Materials of the International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 266–271.

7. Analysis of actual modes of operation of producing wells of Klyuchevoye field and justification of methods and technological parameters of their operation for the future / D.V. Shutov [et al.] // REFERATOTECH : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 272–277.

8. Analysis of well operation modes at Nekrasovskoye gas-condensate field and justification of downhole equipment used / S.I. Shiyani [et al.] // REFERATOTECH : proceedings of International Scientific-Practical Conference : in 3 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2020. – V. 3. – P. 258–265.

9. Methods of struggle against hydrate formation during well operation in a gas field / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 424–428.

10. Shiyani S.I., Shutov D.V., Kusova L.G. Assessment of conditions and identification of boundaries of effective development of energy resources of man-made fields by the example of low-pressure gas // Rassokhin readings : materials of an international conference. – Ukhta, 2021. – P. 280–287.

11. Shiyani S.I., Sukhoverova P.A., Shabliy I.I. Analysis of methods to combat well water encroachment in the Samita oil field // Rassokhinskie readings : materials of the international conference. – Ukhta, 2021. – P. 273–280.

12. Development of hydro-jet method of oil recovery / E.V. Tikhonov [et al.] // Nauka. New generation. Success : the materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 323–329.

13. Analysis of the causes of hydrate formation during well operation in gas fields / S.I. Shiyani [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 419–423.

14. Application of magnetic-pulse flaw detection for controlling the state of double-column wells / A.A. Sleptsov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 220–223.
15. The solution of the problem of the negative effect of mechanical impurities in the ESP installations on the example of the Lomovoye field / P.A. Sukhoverova [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 2. – P. 227–231.
16. Technical features of reservoir pressure maintenance systems in the field / V.I. Dunaev [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 185–190.
17. Kovalenko D.R., Shiyan S.I., Shekoldin K.S. Waterflooding as one of the systems for reservoir pressure maintenance// Nauka. New Generation. Success : materials of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 295–300.
18. Peculiarities of producing wells operation in West Siberia / A.V. Vladimirov [et al.] // Nauka. New generation. Success : proceedings of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 90–94.
19. Perfection of Hydrojet method of oil extraction / V.M. Gargat [et al.] // Nauka. New generation. Success : Proceedings of II International Scientific-Practical Conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 95–101.
20. Methods to increase oil recovery and limiting factors of application of these methods by the example of a field named after Yu. Korchagin / E.V. Medvedeva [et al.] // Nauka. New generation. Success : materials of II International scientific-practical conference : in 2 vol. – Krasnodar : Publishing House – Yug, 2021. – V. 1. – P. 399–402.

Научное издание

ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ ТЭК РОССИИ

**Материалы
Всероссийской научно-практической конференции**

(03 июня 2021 года)

Сборник статей

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – А.С. Семенов
Компьютерная верстка – М.Б. Жаренко
Дизайн обложки – О.Я. Фоменко

Подписано в печать 17.11.2021
Бумага «Снегурочка»
Печ. л. 7,9
Усл. печ. л. 7,3
Уч.-изд. л. 6,6

Формат 60×84 ¹/₈
Печать трафаретная
Изд. № 1208
Тираж 50 экз.
Заказ № 2313

ООО «Издательский Дом – Юг»
350010, г. Краснодар, ул. Зиповская 9, литер «Г», оф. 41/3
тел. +7(918) 41-50-571

e-mail: id.yug2016@gmail.com

Сайт: <http://id-yug.com>