

ТЕХНОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

научно-технологический журнал

№3⁽¹⁵²⁾ 2024

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3

Главный редактор

Б. П. ТУМАНЯН – д.т.н., проф.

Научно-редакционный совет

А. Ф. ВИЛЬДАНОВ – д.т.н., проф.

А. И. ГРИЦЕНКО – д.т.н., проф.

А. Н. ДМИТРИЕВСКИЙ – д.г.-м.н.,
проф.

О. Н. КУЛИШ – д.т.н., проф.

А. Л. ЛАПИДУС – д.х.н., проф.

ЛИ ГО ЮЙ – проф. (Китай)

Н. А. МАХУТОВ – д.т.н., проф.

Б. П. ТОНКОНОГОВ – д.х.н., проф.

К. ТРАВЕР – проф. (Франция)

В. А. ХАВКИН – д.т.н., проф.

М. ЦЕХАНОВСКА – д.т.н., проф.
(Польша)

Head Editor

B. P. TUMANYAN – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

A. F. VIL'DANOV – Dr. Eng. Sci., prof.

A. I. GRITSENKO – Dr. Eng. Sci., prof.

A. N. DMITRIEVSKY –

Dr. Geo.-Min. Sci., prof.

O. N. KULISH – Dr. Eng. Sci., prof.

A. L. LAPIDUS – Dr. Chem. Sci., prof.

LI GO IUY – prof. (China)

N. A. MAKHUTOV – Dr. Eng. Sci., prof.

B. P. TONKONOGOV –

Dr. Chem. Sci., prof.

Ch. TRAVERS – prof. (France)

V. A. KHAVKIN – Dr. Eng. Sci., prof.

M. TSEKHANOVSKA –

Dr. Eng. Sci., prof. (Poland)

СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Н. Г. Бажирова, Ф. А. Коробков, А. Ф. Вильданов
ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ
И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ..... 3

ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ И ГАЗА

А. Н. Карпов, А. В. Тарасов, Д. В. Борисанов
АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ОТБОРА
КЕРОСИНА ОТ НЕФТИ 10

ЭКОЛОГИЯ

Н. Г. Джавадов, А. Э. Азизова
ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ РАЗНОСТНЫЙ МЕТОД
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЛЬЕФА ТОЛЩИНЫ
НЕФТЯНОГО ПЯТНА НА ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ 17

ИССЛЕДОВАНИЯ

Р. У. Мухамадеев, Г. В. Власова
ПОДБОР ЭФФЕКТИВНЫХ ОСАДИТЕЛЕЙ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ..... 21

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

И. Г. Яценко, Ю. М. Полищук

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ НЕФТЕЙ
БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ..... 24

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

А. М. Свалов

О ВЛИЯНИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ГРАДИЕНТОВ ДАВЛЕНИЯ
НА ПРОЦЕССЫ НЕФТЕВЫТЭСНЕНИЯ 32

Р. И. Булатов

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ РАЗРАБОТКИ
НА КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ 35

Р. И. Степанов

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ
СКВАЖИНАХ ПРИОБСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... 39

ОБОРУДОВАНИЕ

А. Б. Голованчиков, Н. А. Прохоренко,
А. А. Шурак, Н. А. Меренцов

ПЕРЕХОД ОТ КОСОУГОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ
J – X ДИАГРАММЫ РАМЗИНА ПРОЦЕССА СУШКИ
В ПРЯМОУГОЛЬНУЮ СИСТЕМУ КООРДИНАТ ЭЙЛЕРА..... 47

ТРАНСПОРТ НЕФТИ И ГАЗА

А. А. Игнатик

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ
РАБОТЫ ТРУБОПРОВОДА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ
ТЕМПЕРАТУРЕ ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ 51

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. Н. Дмитриевский, Е. С. Дмитриев, Н. А. Ерёмин, А. Г. Сбоев,
А. Д. Черников, И. К. Басниева, И. А. Еремина

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОСЛОЖНЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ
БУРЕНИЯ СКВАЖИН МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ..... 57

Директор по информации
Н. П. ШАПОВА

Редактор
В. С. ДМИТРИЕВА

Верстка
В. В. ЗЕМСКОВ

Подготовка материалов
Т. С. ГРОМОВА

Издатель — Международный центр
науки и технологий «ТУМА ГРУПП»

Адрес редакции:
105318, г. Москва,
Измайловское шоссе, д. 20-1Н

e-mail: tng98@list.ru

Интернет: <http://www.nitu.ru>

При перепечатке любых
материалов ссылка на журнал
«Технологии нефти и газа» обязательна

№3⁽¹⁵²⁾ 2024

Журнал зарегистрирован
в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средствам
массовой коммуникации
Свидетельство о регистрации
ПИ № 77-16415 от 22.09.2003 г.

ISSN 1815-2600

Включен в перечень изданий
Высшей аттестационной комиссии
Министерства образования
и науки РФ

Тираж 1200 экз.

Редакция не несет ответственности
за достоверность информации
в материалах, в том числе
рекламных, предоставленных
авторами для публикации

Материалы авторов
не возвращаются

Отпечатано в ООО ИПФ «СТРИНГ»
424006, Республика Марий Эл,
г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

Технологии переработки промышленных

и бытовых отходов

Н. Г. Бажирова, Ф. А. Коробков, А. Ф. Вильданов

АО «ВНИИУС», г. Казань

kolubelskyds@rambler.ru

В работе представлен аналитический обзор существующих технологий по применению продуктов пиролиза древесной биомассы и других органических отходов. Описаны перспективные методы применения продуктов пиролиза биомассы.

Ключевые слова: биомасса, органические отходы, пиролиз, продукты пиролиза.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-3-9

N. G. Bazhirova, F. A. Korobkov, A. F. Vil'danov

«Volga Research Institute of Hydrocarbon Feed» JS

Processing Technologies Industrial and Household Waste

An analytical review of existing technologies for the use of pyrolysis products of wood biomass and other organic waste is given; promising methods for the use of biomass pyrolysis products are described.

Key words: *biomass, organic waste, pyrolysis, pyrolysis products.*

Анализ потенциала и технической возможности увеличения отбора керосина от нефти

А. Н. Карпов¹, А. В. Тарасов², Д. В. Борисанов^{3,4}

¹ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез»,

²Ярославский государственный технический университет,

³ПАО «Славнефть-ЯНОС»,

⁴Казанский национальный исследовательский технологический университет

BorisanovDV@yanos.slavneft.ru

В статье определен потенциал отбора керосина на установке АВТ (АТ) для типовой смеси нефтей, перерабатываемой в ПАО «Славнефть-ЯНОС», определены основные факторы, препятствующие увеличению отбора керосиновой фракции. Приведены актуальные аналитические данные о товарном реактивном топливе. Смоделировано распределение узких фракций нефти в основных дистиллятных потоках первичной переработки нефти на АВТ (АТ). Дана оценка разделительной способности существующего колонного оборудования в критериях минимальных теоретических тарелок, соответствующих режиму бесконечного орошения. Определены мероприятия, необходимые для увеличения отбора керосина до значений, близких к потенциалу

Ключевые слова: керосин, реактивное топливо, ректификация, первичная переработка нефти, распределение компонентов нефти, узкие фракции, теоретическая тарелка.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-10-16

A. N. Karpov¹, A. V. Tarasov², D. V. Borisanov^{3,4}

¹LLC “Lukoil-Nizhegorodorgsintez”,

²Yaroslavl State Technical University,

³Slavneft-YANOS PJSC,

⁴Kazan National Research Technological University

Analysis of Potential and Technical Possibility to Increase Kerosene Yield from Oil

This article determines potential of yield from oil at AVT (AT) unit for typical oil blend refined at Slavneft-YANOS PJSC; determines main factors that prevent increase of kerosene fraction yield. Actual analytical data about commercial jet fuel is provided. Distribution of oil narrow fractions in main distillate streams of primary crude oil processing at AVT (AT) unit is simulated. Evaluation of distribution capacity of existing column equipment within the criteria of minimal theoretical plates that equal to endless reflux mode is provided. Activities required to increase the kerosene yield until the value close to potential are determined. Conclusion is made that kerosene yield 10–11 wt.% from oil at AVT (AT) is optimal.

Key words: kerosene, jet fuel, rectification, primary crude oil processing, oil components distribution, narrow fractions, theoretical plate.

Интерферометрический разностный метод для определения рельефа толщины нефтяного пятна на поверхности моря

Н. Г. Джавадов, А. Э. Азизова

Национальное аэрокосмическое агентство, Баку, Азербайджан

asadzade@rambler.ru

Разработан интерферометрический метод для определения рельефа толщины нефтяного пятна, сформировавшегося в результате разлива на поверхности моря. На базе интерференционного метода двухлучевого измерения толщины нефтяной пленки разработан интерференционный разностный метод для оценки рельефа толщины нефтяной пленки на выбранных трех точках морской поверхности. Метод базируется на предложенной локально-гомогенной модели отражательных характеристик морской поверхности. Показано, что исключение показателя отражаемости морской поверхности из вычислительных процедур позволяет повысить точность определения рельефа толщины нефтяной пленки.

Ключевые слова: нефтяная пленка, рельеф, интерференционный метод, морская поверхность.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-17-20

N. H. Javadov, A. E. Azizova

National Aerospace Agency, Baku, Azerbaijan

Interferometric Difference Method for Determining the Relief Thickness of an Oil Slick on the Sea Surface

The article is devoted to the development of an interferometric method for determining the relief of the thickness of an oil slick formed as a result of a spill on the sea surface. On the basis of the interference method of two-beam measurement of the thickness of the oil film, an interference difference method has been developed to assess the relief of the thickness of the oil film at selected three points of the sea surface. The method is based

on the proposed locally homogeneous model of the reflective characteristics of the sea surface. It is shown that the exclusion of the reflectivity index of the sea surface from computational procedures makes it possible to increase the accuracy of determining the relief of the thickness of the oil film.

Key words: *oil film, relief, interference method, sea surface.*

Подбор эффективных осадителей для очистки пластовой воды

Р. У. Мухамадеев, Г. В. Власова

Астраханский государственный технический университет

ranec2003@mail.ru

На многих установках предварительного сброса воды и подготовки нефти возникает необходимость совершенствования существующих технологий и оборудования для очистки подтоварной воды от нефти и механических примесей. В статье рассматривается метод очистки подтоварной воды с помощью осадителей и коалесцеров различной конструкции, размещаемых в специально сконструированной пилотной установке, и приводится сравнительный анализ их эффективности.

Ключевые слова: *пластовая вода, нефтепродукты, механические примеси, коалесцеры, осадители, очистка воды.*

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-21-23

R. U. Mukhamadeev, G. V. Vlasova, Astrakhan State Technical University

Selection of Effective Precipitators for Formation Water Treatment

At many installations preliminary water and oil treatment is necessary to improve existing technologies and equipment for treatment of produced water from oil and solids. The article covers the method of cleaning produced water by means of precipitants and coalescer different designs to be placed in a specially designed pilot plant, and provides a comparative analysis of their effectiveness.

Key words: *formation water, oil products, impurities, coalescers, precipitators, water treatment.*

Особенности условий залегания нефтей баженовской свиты

И. Г. Яценко, Ю. М. Полищук

Институт химии нефти Сибирского отделения РАН

sric@ipc.tsc.ru

Проведен анализ данных об условиях залегания нефтей баженовской свиты в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне с использованием информации из базы данных о физико-химических свойствах нефтей мира, созданной и пополняемой в Институте химии нефти СО РАН, и методов статистического и пространственного анализа данных на основе географических информационных систем. Представлены цифровые карты размещения месторождений баженовских нефтей на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Определены средние значения пластовых параметров, характеризующих фильтрационно-емкостные свойства залежей баженовских нефтей, и корреляционные взаимосвязи нефтенасыщенности пород и пластовых параметров. Для проведения анализа условий залегания

баженовской нефти использована выборка объемом 2833 образцов нефти из 127 месторождений. Проведен сравнительный анализ пластовых параметров, оказывающих непосредственное влияние на режим разработки и эффективность используемых технологий извлечения баженовской нефти: проницаемость и пористость пород, пластовые температура и давление. Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых и совершенствовании существующих методов и технологий добычи и переработки трудноизвлекаемых нефтей баженовской свиты.

Ключевые слова: трудноизвлекаемые нефти, баженовская свита, пористость и проницаемость пород, условия залегания нефтей, нефтенасыщенность.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-24-31

I. G. Yashchenko, Yu. M. Polishchuk

Institute of Petroleum Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Features of the Conditions of Occurrence of Oils of the Bazhenov Formation

The paper analyses data on the occurrence conditions of the Bazhenov Formation oils in the West Siberian oil and gas bearing basin using information from the database on physical and chemical properties of the world's oils, created and regularly updated at the Institute of Petroleum Chemistry SB RAS, and methods of statistical and spatial data analysis based on geographic information systems. Digital maps of the location of Bazhenov oil fields in the West Siberian oil and gas bearing province are presented. The average values of reservoir parameters characterizing filtration-capacitative properties of Bazhenov oil deposits and correlation relationships between oil saturation of rocks and reservoir parameters are determined. A sample of 2,833 oil samples from 127 fields was used for analysis of Bazhenov oil reservoir conditions. A comparative analysis of reservoir parameters which have a direct impact on the development mode and efficiency of the used technologies of Bazhenov oil extraction: permeability and porosity of rocks, reservoir temperature and pressure was carried out. The results of the study can be used in the development of new and improvement of existing methods and technologies for production and processing of hard-to-recover oil of the Bazhenov formation.

Key words: hard-to-recover oil, oil fields, West Siberia, Bazhenov Formation, porosity and permeability, oil conditions, oil saturation.

О влиянии предельных градиентов давления на процессы нефтевытеснения

А. М. Свалов

Институт проблем нефти и газа РАН

svalov@ipng.ru

Представлен анализ некоторых аспектов проблемы влияния вязко-пластических свойств нефти и воды на распространение скачка насыщенности в продуктивных пластах. Показано, что высокие значения предельных градиентов давления в нефтяной фазе приводят к ускорению движения фронта обводнения. В случае высоких значений этих градиентов в воде происходит замедление скорости распространения фронта обводнения. Полученные результаты могут быть использованы для анализа процессов вытеснения нефти из низкопроницаемых заглинизированных коллекторов, в которых вязко-пластические свойства флюидов проявляются наиболее заметно.

Ключевые слова: вязко-пластические свойства, предельный градиент давления, фронт обводнения.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-32-34

A. M. Svalov

Oil and Gas Research Institute RAS

On The Influence of Limiting Pressure Gradients on Oil Replacement Processes

An analysis of some aspects of the problem of the influence of the viscous-plastic properties of oil and water on the propagation of a saturation jump in productive formations is presented. It is shown that high values of the limiting pressure gradients in the oil phase lead to an acceleration of the movement of the water front. In the case of high values of these gradients in water, the speed of propagation of the water front slows down. The results obtained can be used to analyze the processes of oil displacement from low-permeability clayed reservoirs, in which the viscous-plastic properties of fluids are most pronounced.

Key words: *viscous-plastic properties, ultimate pressure gradient, water front.*

Регрессионный анализ влияния геолого-физических характеристик объектов разработки на коэффициент извлечения нефти

Р. И. Булатов

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

burustem141@gmail.com

В работе проанализированы основные геолого-физические характеристики 240 объектов разработки Самарской области. Данные были разделены на две большие группы. Первая группа состояла из терригенных коллекторов, а вторая — из карбонатных. С помощью статистических методов многомерного регрессионного анализа для каждой группы выявлено количественное влияние геолого-физических параметров на коэффициент извлечения нефти. Определены геолого-физические факторы, которые оказывают наибольшее влияние на коэффициент извлечения нефти. Проведена автоматизация процесса подбора зависимости для каждого фактора. Проведено сравнение полученных формул с известными моделями для региона исследования.

Ключевые слова: коэффициент извлечения нефти, коэффициент детерминации, регрессионный анализ.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-35-38

R. I. Bulatov

LLC «LUKOIL-Engineering»

Regression Analysis of the Effects of Geological and Physical Characteristics of Development Objects per Coefficient Oil Recovery

In this article, the main geological and physical characteristics of 240 development objects in the Samara region are analyzed. The data were divided into two large groups. The first group consisted of terrigenous, and the second — of carbonate reservoirs. Using statistical methods of multivariate regression analysis for each group, a quantitative effect of geological and physical parameters on the oil recovery factor was revealed. The geological and physical factors that have the greatest influence on the oil recovery factor are determined. Automation of the process

of selection of dependencies for each factor has been carried out. The obtained formulas are compared with known models for the study region.

Key words: *oil recovery factor, determination factor, regression analysis.*

Особенности применения многостадийного гидравлического разрыва пласта в горизонтальных скважинах Приобского месторождения

Р. И. Степанов

Институт нефти и газа Сибирского федерального университета

rusya.stepanov.2017@bk.ru

Добыча углеводородов из месторождений находящихся на поздней стадии разработки, является очень актуальной задачей. Одним из таких месторождений является Приобское, расположенное в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Оно характеризуется низкопроницаемым коллектором и трудноизвлекаемыми запасами. В конструкции добывающих и нагнетательных скважин чаще всего преобладают горизонтальные скважины. В работе будет использован метод многостадийного гидравлического разрыва пласта как способа интенсификации, для повышения производительности скважин и, как следствие, увеличения нефтеотдачи. Это позволит не только повысить дебиты добывающих скважин, но и обосновать критерии при проектировании методов увеличения нефтеотдачи и планировании геолого-технических мероприятий в условиях низкопроницаемого коллектора.

Ключевые слова: *дебит, гидравлический разрыв пласта, низкопроницаемый коллектор, методы увеличения нефтеотдачи, терригенный коллектор, интенсификация притока.*

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-39-46

R. I. Stepanov

Institute of Oil and Gas of the Siberian Federal University

Features of the Use of Multi-Stage Hydraulic Fracturing in Horizontal Wells of the Priobskoye Field

The extraction of hydrocarbons from fields at a late stage of development is a very pressing task today. One of these fields is Priobskoye, located in the West Siberian oil and gas province. It is characterized by low-permeability reservoirs and hard-to-recover reserves. During development, horizontal wells are most often used. The work will use the method of multi-stage hydraulic fracturing as a method of intensifying production, to increase well productivity and, as a result, to increase oil recovery. This will not only increase the flow rates of production wells, but also justify the criteria for designing methods for increasing oil recovery and planning geological and technical measures in conditions of a low-permeability terrigenous reservoir.

Key words: *flow rate, hydraulic fracturing, low-permeability reservoir, EOR, terrigenous reservoir, inflow stimulation.*

Переход от косоугольной системы координат $J - x$ диаграммы Рамзина процесса сушки в прямоугольную систему координат Эйлера

А. Б. Голованчиков, Н. А. Прохоренко, А. А. Шурак, Н. А. Меренцов

Волгоградский государственный технический университет

natasha292009@yandex.ru

Предложена методика и разработан алгоритм расчета процесса сушки в традиционной для массообменных процессов прямоугольной системе координат. Для сушки это рабочие и равновесные зависимости влажности материала от влагосодержания сухого воздуха, что позволяет определять длину барабана традиционным методом.

Ключевые слова: всушка, барабанная сушилка, идеальное смешение, диаграмма Рамзина, рабочая и равновесная линии, движущая сила, алгоритм расчетов.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-47-50

A. B. Golovanchikov, N. A. Prokhorenko, A. A. Shurak, N. A. Merentsov

Volgograd State Technical University

Transition from the Oblique Coordinate System of the $J - x$ Ramzin Diagram of the Drying Process to the Rectangular Coordinate System of Euler

A methodology is proposed and an algorithm for calculating the drying process in a rectangular coordinate system traditional for mass transfer processes is developed. For drying, these are the working and equilibrium dependences of the moisture content of the material on the moisture content of dry air, which makes it possible to determine the length of the drum by the traditional method.

Key words: drying, drum dryer, perfect mixing, Ramzin diagram, working and equilibrium lines, driving force, calculation algorithm.

Физическое моделирование режимов работы трубопровода при различной температуре перекачиваемой жидкости

А. А. Игнатик

Ухтинский государственный технический университет

tolik.ignatik@yandex.ru

В работе предложен метод физического моделирования трубопровода с нагревом транспортируемой жидкости на лабораторном стенде. Стенд представляет собой трубопроводную систему, содержащую резервуар, насос, электрический подогреватель, краны, измерительное оборудование. В качестве перекачиваемой жидкости использовалась водонефтяная эмульсия. С помощью экспериментальных данных вычислялись потери давления и напора в трубопроводе, полезная мощность и коэффициент полезного действия насоса, гидравлический уклон, коэффициент гидравлического сопротивления, а также число Рейнольдса для определения режима течения. Для количественной оценки влияния температуры жидкости на параметры перекачки вводится величина «процент изменения», которая показывает, на сколько процентов в сторону увеличения или уменьшения изменяется тот или иной параметр

перекачки при повышающейся температуре жидкости. Осуществлена попытка перехода от результатов, полученных экспериментально на стенде, к натурному нефтепроводу с помощью числа Рейнольдса.

Ключевые слова: гидравлический уклон, горячая перекачка, коэффициент гидравлического сопротивления, лабораторный стенд, физическое моделирование, число Рейнольдса.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-51-56

A. A. Ignatik

Ukhta State Technical University

Physical Modeling of Pipeline Operation Modes at Different Temperatures of Pumped Liquid

Mathematical modeling of a pipeline with heating of the transported liquid is a complex task, therefore, a method of physical modeling of such pipeline on a laboratory stand is proposed. The stand is a pipeline system containing a tank, a pump, an electric heater, valves, measuring equipment. Oil-water emulsion was used as the pumped liquid. When heating the pumped liquid, the parameters of the pipeline operation were measured: liquid temperature, pressure, flow rate, pump power consumption. The experimentally obtained data were used to calculate the pressure drops and head losses of the pipeline, the useful power and efficiency of the pump, the hydraulic gradient, Darcy friction factor, as well as the Reynolds number to determine the flow regime. To quantify the influence of liquid temperature on the pumping parameters, the «percentage of change» value is introduced, which shows how many percent in the direction of increasing or decreasing one or another pumping parameter changes with increasing liquid temperature. An attempt was made to make the transition from the results obtained experimentally at the stand to a full-scale oil pipeline using the Reynolds number.

Key words: hydraulic gradient, «hot» oil pumping, Darcy friction factor, laboratory stand, physical modeling, Reynolds number.

Предупреждение осложнений в процессе бурения скважин методами машинного обучения

А. Н. Дмитриевский^{2,3}, Е. С. Дмитриев¹, Н. А. Ерёмин^{2,3}, А. Г. Сбоев¹,

А. Д. Черников³, И. К. Басниева³, И. А. Еремина³

¹НИЦ Курчатовский институт,

²РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина,

³Институт проблем нефти и газа РАН

ermn@mail.ru

Описаны используемые метрики оценки точности моделей. Сделаны выводы об эффективности существующих моделей в сравнении с разработанной нейронной сетью. Цель исследования – создание алгоритма автоматизированного обнаружения аварийных ситуаций по данным со станций геолого-технологических измерений буровых установок с помощью методов машинного обучения. В рамках поставленной цели были реализованы методы предобработки данных создана модель нейронной сети для определения аварийных ситуаций, проведена оценка точности разработанной нейронной сети в сравнении с существующими методами. Выделены наиболее показательные признаки для выделения осложнений и аварийных состояний. Полученные результаты закладывают научно-методологическую основу для совершенствования автоматизированной системы, осуществляющей прогнозирование аварийных

состояний при строительстве скважин. В ходе работы были изучены зависимости признаков анализируемого набора данных от возникновения аварийных состояний; подобраны наиболее подходящие методы предобработки больших данных; оценены уровни точности существующих алгоритмов для определения осложнений и аварийных ситуаций; создана модель нейронной сети для выявления осложнений; проведена оценка точности разработанной нейронной сети.

Ключевые слова: скважина, бурение, строительство, осложнение, аварийное состояние, большие геоданные, геолого-технологические измерения, нейронная сеть, машинное обучение, алгоритм.

DOI: 10.32935/1815-2600-2024-152-3-57-64

A. N. Dmitrievsky^{2,3}, E. S. Dmitriev¹, N. A. Eremin^{2,3}, A. G. Sboev¹,

A. D. Chernikov³, I. K. Basnieva³, I. A. Eremina³

¹National Research Center Kurchatov Institute,

²Gubkin University,

³Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences

Preventing Complications during the Drilling Process Wells

Using Machine Learning Methods

The metrics used to assess the accuracy of models are described. Conclusions are drawn about the effectiveness existing models in comparison with the developed neural network. The purpose of the research is to create algorithm for automated detection of emergency situations based on data from geological stations technological measurements of drilling rigs using machine learning methods. Within To achieve this goal, data preprocessing methods were implemented and a neural network model was created to determine emergency situations, the accuracy of the developed neural network was assessed in comparison with existing methods. The most indicative features for highlighting are highlighted complications and emergency conditions. The results obtained lay the scientific and methodological basis to improve the automated system that predicts emergency situations conditions during well construction. In the course of the work, the dependences of the characteristics of the analyzed a set of data from the occurrence of emergency conditions; the most suitable methods have been selected big data preprocessing; the accuracy levels of existing algorithms for determining complications and emergencies; a neural network model was created to identify complications; The accuracy of the developed neural network was assessed.

Key words: well, drilling, construction, complication, emergency condition, big geodata, geological and technological measurements, neural network, machine learning, algorithm.