



ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ
OIL & GAS BLACK SEA CONFERENCES



— ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ 2020 —

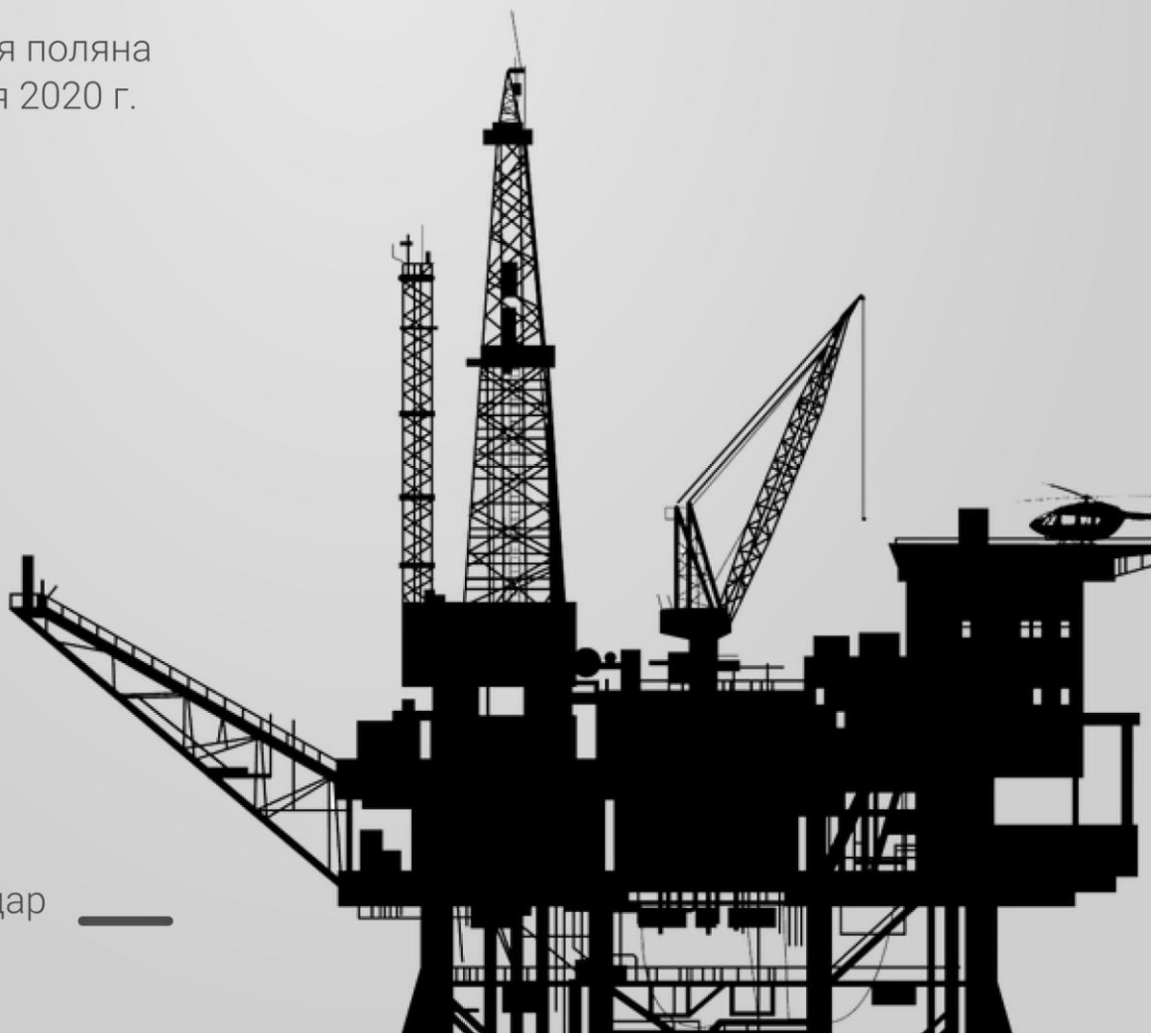
СБОРНИК ДОКЛАДОВ

9-й международной научно-практической конференции
**«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССАХ СБОРА,
ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ
И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ»**

8-й международной научно-практической конференции
**«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ:
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ПЛАСТА ДО МАГИСТРАЛЬНОЙ ТРУБЫ»**

г. Сочи, Красная поляна
05 – 10 октября 2020 г.

— Краснодар
2020 —





ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо»

ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ

Сборник докладов

9-й Международной научно-практической конференции

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССАХ СБОРА, ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

8-й Международной научно-практической конференции

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ПЛАСТА ДО МАГИСТРАЛЬНОЙ ТРУБЫ

г. Сочи, Красная поляна

05 – 10 октября 2020 г.

Краснодар

2020

УДК 622.691, 622.692, 622.24; 622.276; 622.279; 65.011

ББК 33.131, 33.361; 33.362

Под редакцией: **В.М. Строганова, Д.М. Пономарева, А.М. Строганова**

Черноморские нефтегазовые конференции: Сб. докл. 9-й Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в процессах сбора, подготовки и транспортировки нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация и автоматизация производственных объектов»; 8-й Международной научно-практической конференции «Интеллектуальное месторождение: инновационные технологии от пласта до магистральной трубы», г. Сочи, Красная поляна, 2020 г. / ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо» – Краснодар: ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо», 2020. – 102 с.: ил.

ISBN 978-5-905924-34-7



«Research-and-Production firm «Nitpo» LLC

BLACK SEA OIL & GAS CONFERENCES

The collection of reports of the

9th International scientific-and-practical conference

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE PROCESSES OF
COLLECTION, PREPARATION AND TRANSPORTATION
OF OIL AND GAS. DESIGN, CONSTRUCTION,
OPERATION AND AUTOMATION
OF PRODUCTION FACILITIES**

8th International scientific-and-practical conference

**INTELLIGENT FIELD: INNOVATIVE TECHNOLOGIES
FROM STRATUM TO MAIN PIPE**

Sochi, Krasnaya polyana

05 – 10 October 2020

Krasnodar

2020

UDK 622.691, 622.692, 622.24; 622.276; 622.279; 65.011

BBK 33.131, 33.361; 33.362

Editorial Committee: **V.M. Stroganov, D.M. Ponomarev, A.M. Stroganov**

Black Sea Oil & Gas Conferences: The collection of reports of the 9th International scientific-and-practical conference «Innovative technologies in the processes of collection, preparation and transportation of oil and gas. Design, construction, operation and automation of production facilities»; 8th International scientific-and-practical conference «Intelligent field: innovative technologies from stratum to main pipe», Sochi, Krasnaya polyana, 2020 / «Research-and-Production firm «Nitpo» LLC, – Krasnodar: «Research-and-Production firm «Nitpo» LLC, 2020. –102 sheets.:fig.

ISBN 978-5-905924-34-7

19 – 24 апреля 2021 г. Россия, г. Новороссийск	Промышленная и экологическая безопасность в нефтегазовом комплексе
24 – 29 мая 2021 г. Россия, г. Сочи	Инновационные технологии в процессах сбора, подготовки и транспортировки нефти и газа. Проектирование, строительство, эксплуатация и автоматизация производственных объектов
31 мая – 05 июня 2021 г. Россия, г. Сочи	Современные технологии капитального ремонта скважин и повышения нефтеотдачи пластов. Перспективы развития
20 – 25 сентября 2021 г. Россия, г. Новороссийск	Строительство и ремонт скважин
04 – 09 октября 2021 г. Россия, г. Сочи	Интеллектуальное месторождение: инновационные технологии от пласта до магистральной трубы

Представленные даты проведения конференций актуальны до 31.12.2020 г.
Подробную информацию о датах проведения конференций можно уточнить
у сотрудников организационного комитета.

СО Д Е Р Ж А Н И Е	стр.
ПРОЕКТ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ А.Н. Дмитриевский (Академик РАН, ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина) Н.А. Еремин (ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)	15
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ БУРЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ А.Н. Дмитриевский (Академик РАН, ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина) Н.А. Еремин (ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина) С.О. Бороздин (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина) Л.К. Фицнер, О.К. Чащина-Семенова, А.Д. Черников, И.К.Басниева, Л.И. Зинатуллина, И.А. Еремина (ИПНГ РАН)	21
СОВРЕМЕННЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ А.А. Галузин (ООО «АСУ ПРО»)	32
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ AVIST OIL&GAS Л.И. Тихомиров, С.А. Земцов, А.С. Мезенцев (Группа компаний IPTS) Н.А. Еремин (ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)	41
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА А.Ю. Аксененко (ООО «ССТэнергомонтаж» /входит в ГК «ССТ»/)	51
CONTRASE – ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОГРЕВОМ В ПРОЦЕССАХ ДОБЫЧИ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА Н.А. Синяков (ООО «ССТэнергомонтаж» /входит в ГК «ССТ»/)	57
АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО ЦЕНТРА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ Д.Е. Катаева, К.Р. Мухамедова, Н.П. Черепкова (ТОО «ИНИИТ КБТУ»)	63
ОПТИМИЗАЦИЯ ГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА МНОГОПЛАСТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С УЧЕТОМ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ РАЗРАБОТКИ Р.Р. Шакиров, А.В. Пермьяков (ООО «Кыנסко-Часельское нефтегаз») Е.В. Рауданен, Д.В. Пономарева (ООО «Тюменский нефтяной научный центр»)	69

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЕРЕКАЧКИ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ГАЗА ДО 95 % А.Н. Мусинский, А.А. Одинцов, М.П. Пещеренко, К.С. Брюхова (АО «Новомет-Пермь»)	75
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА (БИКМ) ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГПА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ А.П. Шевцов, В.И. Гоптарев, О.В. Деревенец, В.Н. Сушков, Г.А. Чурсин (ООО ФПК «Космос-Нефть-Газ»)	81
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ПОИСКОВОЙ СТАДИИ ГРП (на примере Уватского района юга Тюменской области) О.В. Елишева, К.А. Сосновских (ООО «ТННЦ»)	87
СООРУЖЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ГОРНЫХ ПОРОД А.Б. Тулубаев, Е.В. Паникаровский, А.Е. Анашкина (Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень)	95

C O N T E N T S	p.
<i>Draft Strategy for Digital Modernization of the Oil and Gas Industry</i> A.N. Dmitrievsky (Academician of the Russian Academy of Sciences, Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU)) N.A. Eremin (Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU))	15
<i>Prevention of Accidents During Drilling Using Machine Learning Methods</i> A.N. Dmitrievsky (Academician of the Russian Academy of Sciences, Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU)) N.A. Eremin (Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU)) S.O. Borozdin (I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU)) L.K. Fitzner, O.K. Chashchina-Semenova, A.D. Chernikov, I.K. Basnieva, L.I. Zinatullina, I.A. Eremina (Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences)	21
<i>The Modern Domestic System of Automation and Telemechanics of Technological Processes and Objects</i> A.A. Galuzin (LCC «ASU PRO»)	32
<i>Improving the Efficiency of Hydrocarbon Production Using the AVIST Oil & Gas Integration Platform</i> L.I. Tikhomirov, S.A. Zemtsov, A.S. Mezentsev (ITPS Group of Companies) N.A. Eremin (Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU))	41
<i>Innovative Electric Heating Solutions for Ensuring Uninterrupted Processes of Production and Transportation of Oil and Gas</i> A.Yu. Aksenenko (SST Energomontazh LLC /part of SST Group/)	51
<i>Contrace – an Intelligent Electric Heating Control System for Oil and Gas Production, Transportation and Storage</i> N.A. Sinyakov (SST Energomontazh /part of SST Group/)	57
<i>The Analytical System of the Dispatch Center as a Tool for Improving the Efficiency of Production Processes Management of Oil and Gas Industry</i> D.Y. Katayeva, K.R. Mukhamedova, N.P. Cherepkova (LLP «IEIT KBTU»)	63
<i>Optimization of a Multi-Layer Deposit Gas Field Taking into Account the Interaction of Development Objects</i> R.R. Shakirov, A.V. Permyakov (LLC «Kynsko-Chaselskoe neftegas») E.V. Raudanen, D.V. Ponomareva (LLC «Tyumen Petroleum Research Center»)	69

<i>Development of Systems for Surface Transfer of Gas-Liquid Mixture with Gas Concentration Up to 95 %</i> <i>A.N. Musinsky, A.A. Odintsov, M.P. Peshterenko, K.S. Bryukhova (JSC «Novomet-Perm»)</i>	75
<i>Application of Contactless Torque Meters for Monitoring of Technical Condition of Gas Compressor Unit under Industrial Production Conditions</i> <i>A.P. Shevtsov, V.I. Goptarev, O.V. Derevenets, V.N. Sushkov, G.A. Chursin (Financial & Industrial Company «KOSMOS-NEFT-GAS» LLC)</i>	81
<i>Innovative Approach to Applying Fractal Analysis to Reduce Geological Risks at the Start Explorations (for example the Uvat district of the Tyumen region)</i> <i>O.V. Elisheva, K.A. Sosnovskich (LLC «Tyumen Petroleum Research Center»)</i>	87
<i>Construction of Oil and Gas Wells Using Synthetic Fluids in Conditions of Negative Rock Temperatures</i> <i>A.B. Tulubaev, E.V. Panikarovskii, A.E. Anashkina (Industrial University of Tyumen, Tyumen)</i>	95

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ БУРЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

А.Н. Дмитриевский (Академик РАН, ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

Н.А. Еремин (ИПНГ РАН, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

С.О. Бороздин (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

Л.К. Фицнер, О.К. Чашина-Семенова, А.Д. Черников, И.К. Басниева, Л.И. Зинатуллина, И.А. Еремина (ИПНГ РАН)

Prevention of Accidents During Drilling Using Machine Learning Methods

A.N. Dmitrievsky (Academician of the Russian Academy of Sciences, Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU))

N.A. Eremin (Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences, I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU))

S.O. Borozdin (I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas (RSU))

L.K. Fitzner, O.K. Chashchina-Semenova, A.D. Chernikov, I.K. Basnieva, L.I. Zinatullina, I.A. Eremina (Oil and Gas Research Institute of Russian Academy of Sciences)



Н.А. Еремин

В статье рассматриваются методы обработки больших данных со станций геолого-технологических измерений и машинного обучения в области бурения нефтяных и газовых скважин, которые были апробированы на реальных данных с морского месторождения. Возможные события, связанные с осложнениями и авариями во время бурения могут быть обнаружены за время 7-10 минут до их наступления. Этого времени может быть достаточно для бурильщика для принятия превентивных мер для избегания осложнения или предотвращения аварии.

The article discusses methods for processing big data from geological and technological measurement stations and machine learning in the field of drilling oil and gas wells, which were tested on real data from an offshore field. Possible events related to complications and accidents during

drilling can be detected 7-10 minutes before their occurrence. This time may be sufficient for the driller to take preventive measures to avoid complications or prevent accidents.

На разрабатываемых нефтегазовых месторождениях главной частью основных фондов являются скважины. На строительство скважин приходится более 40 % всех инвестиций в нефтегазодобычу. При бурении скважин в среднем 20-25 % от времени строительства уходит на решение проблем, связанных с осложнениями и авариями. Учитывая тенденцию к повышению стоимости бурения скважин, возникновение осложнений становятся все более нежелательными. Сокращение потерь рабочего времени для устранения осложнений и их последствий является одной из возможностей для увеличения коэффициента производительности работ при строительстве скважин.

Неотъемлемой частью бурения и строительства нефтегазовых скважин является проведение геолого-технологических исследований (ГТИ). Передача больших массивов геоданных со станций ГТИ при бурении организуется с использованием современных каналов связи, промышленного интернета, и протоколов обмена информацией типа (WITSML). Данный подход позволяет организовать в центре бурения скважин непрерывный автоматический контроль процессов и качества бурения. Специализированные удаленные центры бурения, такие как, Центр управления системой инжиниринга бурения скважин ПАО «НК «Роснефть», Центр управления бурением «ГеоНавигатор» группы компаний «Газпром нефть», Центр управления буровых работ ПАО «Татнефть», и другие, доказали высокую эффективность как в снижении стоимости работ, так минимизации сроков строительства скважин и сокращения простоев оборудования. Для предотвращения аварийных ситуаций при строительстве скважин используются методы искусственного интеллекта.

Первая система диагностики буровых долот на основе применения нейронных сетей было создана в 1989 году. Машинное обучение, искусственные нейронные сети (ИНН) и нечеткая

логика, уже более 20 лет применяются при строительстве скважин [1-12]. Решающее значение в повышении эффективности строительства скважин приобретает возможность быстрой и качественной обработки больших массивов геолого-технологической информации на основе применения современных высокопроизводительных вычислительных информационных технологий. В созданной автоматизированной системе предотвращения аварийных ситуаций при строительстве скважин с использованием методов искусственного интеллекта предложена распределенная по уровням структура контроля и управления процессом бурения [13-21]. Оперативное управление и краткосрочное прогнозирование режимов выполняются как непосредственно на буровой, так и удаленно в центре бурения скважин. Одним из способов повышения эффективности бурения и строительства является быстрое принятие решений по предотвращению аварийных ситуаций с помощью инструментов искусственного интеллекта по обработке стриминговых или потоковых данных бурения. Методы искусственного интеллекта используются для сокращения непроизводительных потерь времени при выполнении операций бурения и заканчивания скважин.

В процессе строительства скважин возникают различного рода осложнения и аварии. Под осложнением понимается затруднение углубления скважины, вызванное нарушениями в конструкции скважины. Осложнения нередко переходят в категорию аварий. Авария – внезапное общее или частичное повреждение оборудования, скважины, сопровождающееся нарушением производственного процесса, для устранения которых требуется проведение специальных работ. Основными видами осложнений являются: поглощения бурового раствора, прихваты и скольжения бурильной колонны и газонефтеводопроявления (ГНВП) (рис. 1).

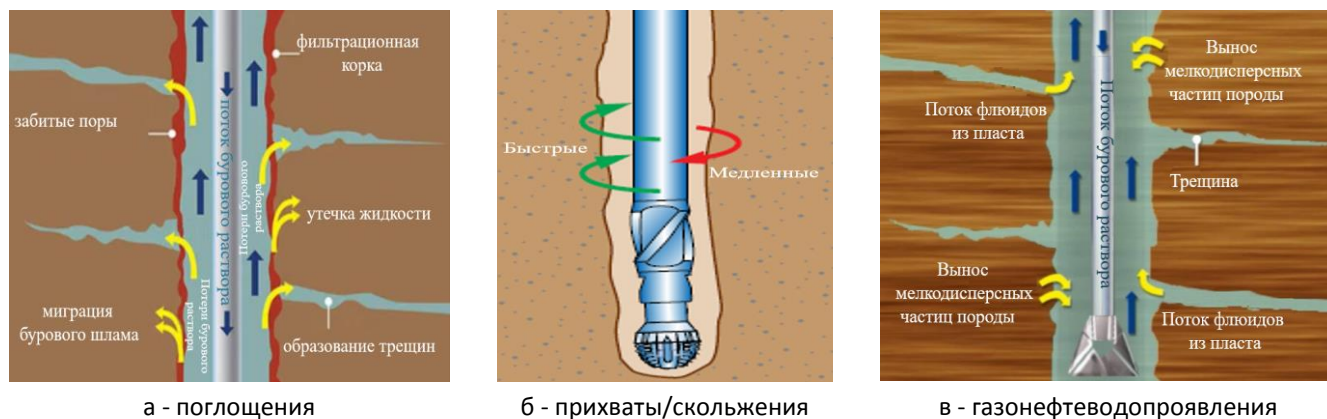


Рис. 1. Основные виды осложнений при бурении скважин.

Источники: по AONG и Шлюмберге.

Доля основных осложнений составляет более 85 % от общего числа фиксируемых осложнений; при этом в годовом балансе непроизводительных затрат доля затрат на их устранение составляет от 5 до 25 % стоимости строительства скважин. Различают следующие виды осложнений в виде поглощений (см. рис. 1 а): образование трещин в горной породе вследствие давлений бурового раствора на матрицу горных пород; миграция и утечка буровой жидкости в горную породу; коагуляция горной породы и создание фильтрационной корки. Вероятность вскрытия зоны частичного или катастрофического поглощения составляет примерно 80 %. Успешность применения традиционных технологий для ликвидации осложнений составляет менее 30 %. Поглощения бурового раствора связано с его перетоком из ствола скважины в горную породу. Крутильные колебания бурильной колонны могут привести к осложнениям в виде неравномерности вращения (скольжению) и остановке бурения скважины (прихвату) (см. рис. 1 б). Обнаружение ранних признаков прихватов/скольжений бурильных труб с использованием методов искусственного интеллекта способствует значительному сокращению непроизводительного времени бурения. Осложнения в виде газонефтеводопроявления – это неконтролируемое поступление пластовых флюидов по естественным или техногенным каналам (разломы, трещины, поры и т.п.) в ствол скважины, которые могут перейти в аварийные выбросы

и открытое фонтанирование (см. рис. 1 в). Методы машинного обучения могут быть использованы для выявления газонефтеводопроявлений на ранней стадии с целью предотвращения аварий и экологических катастроф, и в конечном итоге снижения общих затрат на строительство скважин.

Набор данных для обучения должен удовлетворять нескольким критериям: репрезентативность – данные должны иллюстрировать истинное положение вещей в предметной области, и непротиворечивость – противоречивые данные в обучающей выборке приведут к плохому качеству обучения сети. Общее количество параметров, которые регистрируются станциями геолого-технологических измерений (ГТИ) в процессе бурения, варьируется от 60 до 180. Из множества параметров ГТИ формируется подмножество входных ключевых параметров для моделей искусственных нейронных сетей (ANNs), которые используются для предотвращения осложнений и аварий при бурении. Подмножество входных ключевых параметров для ИНН включает в себя от 20 до 40 характеристик, в том числе синтетические. Высокочастотные данные при бурении скважин записываются в масштабе времени со средней частотой 3-10 сек⁻¹, а также по глубине в масштабе 0,1 м. Данные представляют собой XML файлы, сформированные в стандарте WITSML (Wellsite Information Transfer Standard Markup Language – стандарт для передачи данных со скважины в формате XML). Анализ входных данных показал, что основной массив данных представляют собой временные последовательности (timeseries), что предполагает использование топологии ИНС на базе рекуррентных слоев. В рекуррентных нейронных сетях нейроны обмениваются информацией между собой, таким образом, вместе с новыми данными нейрон получает информацию о предыдущем состоянии сети. Рекуррентную нейронную сеть можно описать следующими соотношениями:

$$A_t = f(Vx_t + Uh_{t-1} + b_n) \quad (2)$$

$$y_t = g(Wh_t + b_y), \quad (3)$$

где x_t – входной вектор номер t , h_t – состояние скрытого слоя для входа x_t , y_t – выход сети для входа x_t , U – весовая матрица распределительного слоя, W – весовая матрица обратных связей скрытого слоя, b_n – вектор сдвигов скрытого слоя, V – весовая матрица выходного слоя, b_y – вектор сдвигов выходного слоя, f – функция активации скрытого слоя, g – функция активации выходного слоя.

Подготовка исходных данных для проведения нейросетевых расчетов состоит из формирования и разметки наборов реально-временных параметров, содержащих данные об аномальных ситуациях. Модуль WITSML DataUnit предназначен для организации упорядоченного хранения данных о процессе бурения (реально-временная и поглубинная информация о технологических параметрах), преобразования (сериализации) данных в формат, предназначенный для использования в нейросетевых расчетах, а также анализа данных о процессе бурения для выбора временных последовательностей и последовательностей по глубине, содержащих информацию об осложнениях и аварийных ситуациях при бурении. Полученные в результате работы модуля данные сохраняются в файловом хранилище, а также в виде связанных таблиц в базе данных MS SQL Server 2019. Модуль использует Energistics Standards DevKit API и объекты данных Energistic для работы с данными в формате WITSML. WITSML (Wellsite Information Transfer Standard Markup Language) – это международный открытый стандарт обмена данными между различными службами и организациями, работающими в нефтегазовой отрасли. WITSML основывается на открытых интернет-стандартах (W3C, SOAP, WSDL, XML) и имеет свой открытый интерфейс прикладных программ (Energistics DevKit API). Текущая рабочая версия – 2.0. Поддержка WITSML-стандарта реализована во всех основных комплексах программ известных производителей, включая Landmark/Halliburton, Schlumberger, Paradigm, Roxar. Для работы с данными в формате WITSML и формирования исходных наборов для построения моделей обнаружения и прогнозирования аномалий разработан отдельный программный модуль, состоящий из набора сервисных процедур и клиентской части, написанных на языке C# (.Net Framework 4.7). Блок выбора реально-временной и поглубинной информации, относящейся к осложнениям и аварийным ситуациям, предназначен для выбора и записи фрагментов файлов из

набора Realtime Drilling Data, содержащих информацию об осложнениях и аварийных ситуациях (прихват, поглощение и ГНВП). Выбранные фрагменты файлов используются как входные данные для построения моделей обнаружения и прогнозирования аномалий. Основная процедура блока *DailyReportAnalysis* – это процедура, позволяющая в интерактивном режиме просмотреть записи буровых журналов, содержащих информацию об осложнениях или аномальных ситуациях, для каждой скважины и выбрать реально-временные и поглубинные данные для заданных в буровом журнале диапазонов времени и глубины. Алгоритм работы процедуры, следующий: для выбранной скважины, отображается список записей буровых журналов, содержащих информацию о наличии осложнения или аномальной ситуации. Записи выбираются по параметру *stateDetailActivity* (значения: stuck equipment, mud loss, equipment failure, operation failed, circulation loss) и наличию ключевых слов, содержащихся в комментариях. Поиск ключевых слов осуществляется с применением NLP (Natural Language Processing). Используются методы токенизации (разделения на предложения и слова), нормализации и лемматизации (приведения слов к канонической форме). Предусмотрена возможность изменения и дополнения набора ключевых слов. В результате просмотра и анализа выбранные данные, содержащие информацию о параметрах, индексированных по времени или глубине, сохраняются в файловом хранилище для дальнейшего использования в расчетах.

Программный компонент «Нейросетевые расчеты» (ПКНР) предназначен для решения задач обнаружения и прогнозирования осложнений при бурении скважин в составе автоматизированной системы предотвращения осложнений в процессе строительства нефтяных и газовых скважин. Принципиальная структурная схема ПКНР, реализующего алгоритмы нейросетевого моделирования для выявления осложнений в процессе строительства нефтяных и газовых скважин, представлена на **рисунке 2** [23]. Программный компонент использует данные ГТИ (реально-временные и поглубинные).

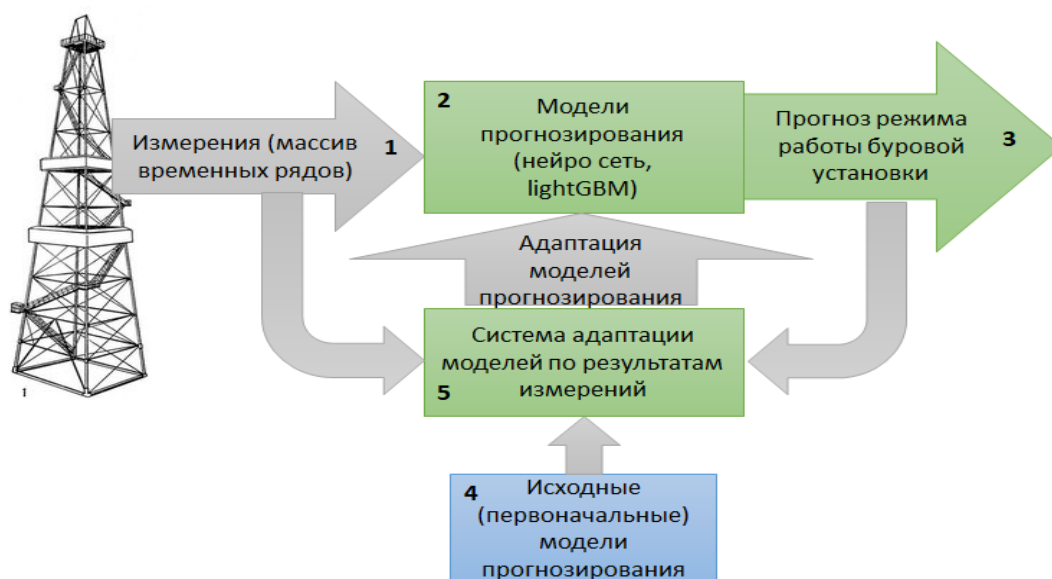


Рис. 2. Принципиальная структурная схема ПКНР [23]

ПК «Нейросетевые расчеты» реализует процесс обнаружения и прогнозирования наиболее распространенных и затратных по времени и средствам на ликвидацию осложнений: поглощения буровой промывочной жидкости, прихваты (затяжки) бурового инструмента и газонефтеводопроявления (ГНВП). Принятие необходимых мер, предотвращающих осложнения в работе, возможно при использовании автоматизированных систем, способных прогнозировать ситуацию на основе измерений параметров бурения. Построение такой системы требует решения следующих задач: разработка моделей осложнений при строительстве скважины, использующих регистрируемые данные от станций геолого-технологических измерений на буровой установке; обработка результатов измерений процесса бурения (массивов временных

рядов) и прогнозирование их поведения на определенное время ΔT и подстановка спрогнозированных параметров в модель и определение вероятности осложнения. Для решения этих задач в ПКНР используются методы машинного обучения: ИНС (Keras, TensorFlow) и LightGBM для построения моделей осложнений, модель авторегрессионного скользящего среднего ARIMA для прогнозирования временных рядов. Программные средства построения моделей прогнозирования осложнений при бурении реализованы на языке программирования Python 3.6, Jupyter.

Программный компонент (ПК) «Оркестровка» предназначен для организации взаимодействия программных компонентов и модулей, входящих в автоматизированную систему предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин [26]. Программный компонент «Оркестровка» реализует топологию основных производственных процессов при работе автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин, включающую в себя модули следующих взаимосвязанных операций: прогнозирование аномалий и осложнений в режиме реального времени, формирование предупреждающих сообщений о прогнозных осложнениях и предаварийных ситуациях, передача сформированной информации в программный компонент «Обратная связь» [27]; формирование обобщенных моделей по осложнениям типа «Прихват», «Поглощение» и «Газонефтеводопроявление» («ГНВП»): подготовка исходных данных, построение моделей с использованием модулей программного компонента «Нейросетевые расчеты», запись сформированных моделей в хранилище данных; адаптация моделей прогноза аномалий и осложнений в процессе бурения скважины: сбор и разметка данных, поступающих в режиме реального времени, перестроение модели с использованием модулей программного компонента «Дополнение моделей», запись скорректированных моделей в хранилище данных. Функциональная схема организации производственных процессов, реализуемая с помощью программного компонента «Оркестровка», представлена на **рисунке 3**.

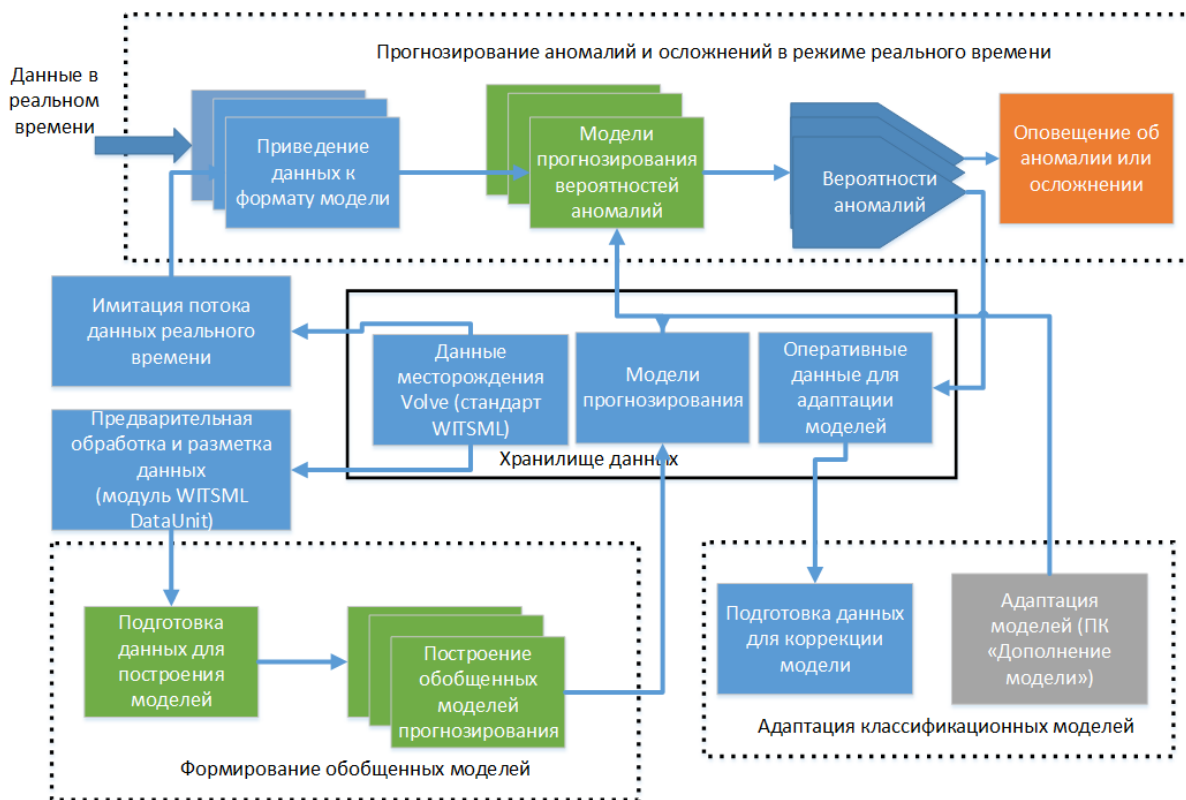


Рис. 3. Функциональная схема организации производственных процессов, реализуемая программным компонентом «Оркестровка» [26].

Синим цветом обозначены блоки, входящие в состав компонента «Оркестровка» [26], зеленым цветом – блоки, входящие в состав программного компонента «Нейросетевые расчеты» [23], серым цветом – блоки, входящие в состав программного компонента «Адаптация обобщенных нейросетевых моделей прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций к геофизическим параметрам при бурении конкретной скважины» [24], и оранжевым цветом – блоки, входящие в состав программного компонента «Обратная связь» [27].

Прогнозирование осуществляется на основе N кадров предыдущей информации (по умолчанию $N = 1000$) и прогноз по значениям параметров выдается на M (по умолчанию $M = 150$) кадров вперед. Полученные в результате построения прогноза кадры информации используются для оценки вероятности осложнения с помощью моделей прогнозирования, и результаты оценки вероятности осложнений передаются в ПК «Обратная связь» [27]. Дополнительно эти результаты сохраняются (накапливаются) в хранилище данных и затем могут быть использованы в качестве входных данных для адаптации моделей прогнозирования. В блок прогнозирования вероятностей аномалий включены модули, входящие в состав ПК «Нейросетевые расчеты» [23] и выполняющие расчет вероятности возникновения аномалии на время ΔT с использованием актуальных моделей (обобщенных или адаптированных). Актуальные ML или ИНС модели считываются из хранилища данных при загрузке каждого модуля. Модули дополнены блоками, осуществляющими прием и отсылку сообщений с использованием библиотеки ZeroMQ.

Входными данными, используемыми для формирования обобщенных моделей, являются наборы реально-временных данных о процессе бурения, содержащие записи о произошедших осложнениях «Прихват», «Поглощение» и «ГНВП» с указанием момента времени начала осложнения. Процесс формирования обобщенных моделей реализует следующий алгоритм. Выбранные наборы параметров, содержащие записи об осложнениях, поступают в модуль подготовки исходных данных для построения моделей (например, Vorber, ПК «Нейросетевые расчеты» [23]), где производится предварительная обработка и формируется единый массив данных (Dataset), который дополняется разметкой (например, при решении задачи бинарной классификации: 0 – до начала осложнения и 1 – во время осложнения). Сформированный Dataset используется для формирования обобщенной модели с помощью выбранного модуля из ПК «Нейросетевые расчеты». Модули, входящие в состав ПК «Нейросетевые расчеты», реализуют решение задач бинарной классификации с использованием ИНС (Keras) и LightGBM («бустинг», Microsoft), а также реализуют регрессионный метод и метод одноклассовой классификации. Сформированные обобщенные модели прогнозирования аномалий сохраняются в хранилище данных. Блок управления реализует выполнение цепочки модулей для формирования обобщенной модели прогнозирования аномалии. Модуль «Выбор данных и топологии для формирования моделей» (Configure) позволяет выбрать и загрузить наборы данных из хранилища (используется процедура Load) и сформировать конфигурацию процесса, т.е. выбрать необходимые модули из ПК «Нейросетевые расчеты» [23] и определить последовательность их запуска. Блок управления отслеживает выполнение этой последовательности и запускает требуемые модули. Модели, сформированные в процессе работы модулей ПК «Нейросетевые расчеты» [23], записываются в файловую часть хранилища данных. Предусмотрена возможность развертывания модулей процесса формирования обобщенных моделей на вычислительном кластере из 5 узлов.

Адаптация обобщенных моделей [24] – это корректировка моделей с учетом особенностей конкретной скважины. Процесс адаптации моделей на основе данных о процессе бурения на конкретных скважинах реализует следующий алгоритм. В процессе работы блока прогнозирования вероятности аномалий на конкретной скважине идет накопление кадров входной информации для каждой модели прогнозирования. Эта информация распределено заполняет хранилище данных в виде отдельных файлов для каждой модели и скважины. После накопления более чем N кадров с помощью процедур блока адаптации моделей происходит формирование новой скорректированной модели для данной конкретной скважины. Далее производится оценка точности работы скорректированной модели, и по результатам этой оценки формируется

сообщение с запросом о загрузке новой (адаптированной) модели в соответствующий модуль блока прогнозирования вероятности аномалий.

Хранилище данных сформировано с использованием файлового хранилища и SQL сервера 2019 (Microsoft). Внутри каждой папки находятся файлы с сохраненными данными обобщенных моделей. Дополнительно каждая из таких папок может содержать сохраненные адаптированные модели для конкретных скважин. Структура WITSML Real Time Drilling Data после предварительной обработки сохраняется в базе Microsoft SQL Server 2019 в виде набора связанных таблиц, содержащих информацию о скважинах и стволах (таблица WellBore), данных о реально-временных параметрах (таблица RT Files), данных о поглубинных параметрах (таблица MD Files), список параметров, регистрируемых в реально-временных и поглубинных записях (таблица LogCurveInfo). Также в виде набора связанных таблиц сохраняются в Microsoft SQL Server 2019 структура и основные данные буровых журналов (WITSML Daily Reports). Эти таблицы используются при анализе WITSML Real Time Data и формировании наборов данных, содержащих информацию об осложнениях/аномалиях.

Программный компонент «Обратная связь» [27] является завершающей частью процесса прогнозирования осложнений и аномалий в режиме реального времени и предназначен для формирования предупреждающих сигналов о возможных осложнениях и выдачи рекомендаций для бурильщика по предотвращению последствий прогнозируемых осложнений. В его состав входят следующие модули:

- 1) Основной модуль, осуществляющий отображение прогноза по осложнениям.
- 2) Модуль выбора параметров ГТИ, регистрируемых на конкретной скважине, или, в случае режима имитации, выбираемых из записанного в виде WITSML файла набора параметров. Значения выбранных параметров будут отображаться одновременно с вероятностями прогноза осложнений.
- 3) Модуль формирования рекомендаций («матрица действий») при положительном прогнозе осложнения.
- 4) Пополняемая и расширяемая база знаний, позволяющая сформировать рекомендации на основе анализа основных параметров и характеристик скважины, в том числе, путем поиска ближайших аналогов по геофизическим условиям.
- 5) Модуль сбора и записи информации о получаемых прогнозах. Записанная информация сохраняется в хранилище данных для последующего просмотра и анализа.

Основной модуль – это модуль отображения информации в режиме реального времени. Структурная схема основного модуля и его взаимодействия с дополнительными модулями представлена на **рисунке 4**.

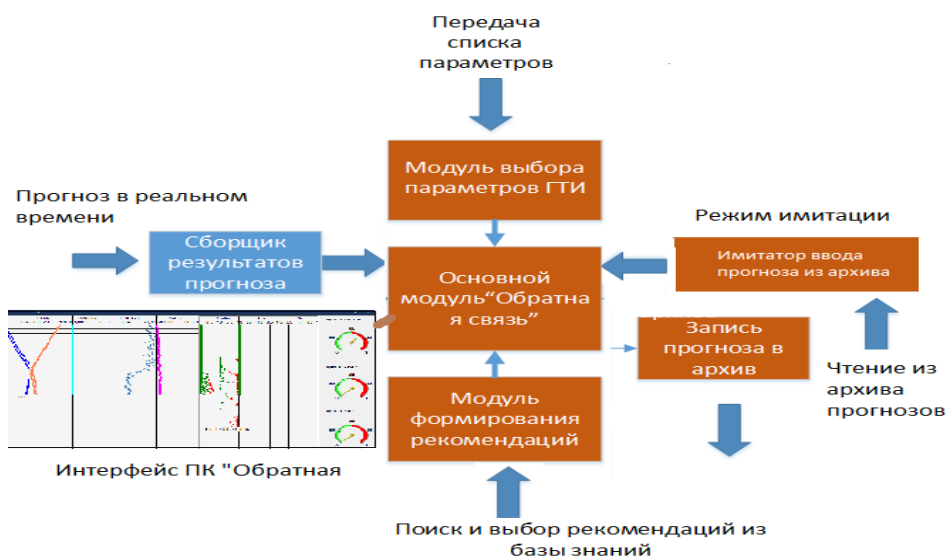


Рис. 4. Структурная схема основного модуля ПК «Обратная связь» [27].

Основной модуль ПК «Обратная связь» [27] предназначен для работы в 2-х основных режимах:

- отображение прогнозируемых осложнений и аномалий в режиме реального времени при работе на конкретной скважине. Результаты прогноза формируются и передаются в модуль с помощью процедуры «Сборщик результатов прогнозов» (входит в состав ПК «Оркестровка» [26]);
- режим имитации, предназначенный для просмотра и анализа записанных в архив прогнозов осложнений. Процедура «Имитатор ввода прогноза из архива» реализует чтение и пошаговый ввод значений параметров ГТИ и результатов прогноза осложнений, сохраненных в архиве.

Интерфейс основного модуля ПК «Обратная связь» [27] состоит из 3-х основных частей:

- 1 – панель отображения выбранных параметров ГТИ в режиме реального времени.
- 2 – панель отображения прогнозов вероятности осложнений. Панель разделена на 3 части по типу осложнений: «Прихват» («Stuck»), «Поглощение» («Mud Loss») и «ГНВП» («Kick»). На каждой части панели отображаются в режиме реального времени вероятности прогноза осложнения по текущим параметрам (в левой половине) и по прогнозируемым на N кадров вперед значениям параметров (в правой половине). Построение прогноза и расчет вероятности аномалий выполняются с помощью модулей прогнозирования, входящих в состав ПК «Нейросетевые расчеты» [23]. Значения вероятностей прогноза, превышающие 0.5 (50 %), обозначаются красным цветом.
- 3 – панель, содержащая 3 стрелочных указателя, отображающих значения вероятности осложнения через 150 кадров (~7-10 мин).

Модуль реализован на C# (.Net Framework 4.7). Взаимодействие с процедурой «Сборщик результатов прогноза», входящей в состав ПК «Оркестровка» [26], осуществляется путем обмена сообщениями с использованием библиотеки ZeroMQ (ver. 4.3.2).

Модуль формирования рекомендаций для инженера бурильщика («матрицы действий») предусмотрен для работы в фоновом режиме. При появлении значения вероятности прогноза осложнения более 0.5 во всплывающем окне формируется рекомендация, соответствующая данной аномалии и основным параметрам, характеризующим работу скважины. Формирование рекомендаций происходит с помощью алгоритма выбора рекомендаций из базы знаний, содержащейся в основном хранилище данных.

Основные выводы

Достоинством созданной автоматизированной системы предотвращения аварийных ситуаций при строительстве скважин с использованием методов искусственного интеллекта является способность к «запоминанию» закономерностей на долгие промежутки времени и возможность непрерывного дообучения в процессе функционирования.

Программный компонент «Нефтегазовый блокчейн» предназначен для использования в автоматизированной системе предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве нефтяных и газовых скважин в целях обеспечения целостности и безопасности передачи, распределения и сохранения технических и геолого-технологических данных с применением технологий индустриального блокчейна [22].

Программный компонент «Нейросетевые расчеты – построение моделей прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин» (ПКНР) предназначен для принятия превентивных мер по предотвращению осложнений при бурении. Ситуация приближения к аномалии определяется совокупностью параметров и не может быть гарантированно выявлена в результате визуальных наблюдений. Для решения задачи прогнозирования осложнений используется бинарная классификация. Используемые алгоритмы: нейросеть (персептрон) TensorFlow (Keras). Обобщенные модели прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций типа «прихват», «поглощение» и «газонефтеводопроявление» в процессе бурения скважины формируются с использованием априорных данных со станций геолого-технологических измерений с других пробуренных скважин, близких по геологическим условиям [23].

Программный компонент «Адаптация обобщенных нейросетевых моделей прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций к геофизическим параметрам при бурении конкретной скважины» предназначен для повышения точности прогноза возможных отклонений за счет коррекции (адаптации) исходных (обобщенных) моделей прогнозирования для конкретных скважин. Базовая (обобщенная) модель обобщает всю имеющуюся информацию по каждому типу осложнений по конкретному месторождению или по сумме месторождений с учетом их геологических данных, что расширяет ее общность и возможность адаптации к условиям конкретной скважины [24].

Программный компонент «Индикация прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин» (ПК «Индикация») предназначен для формирования предупреждающих сигналов о возможных осложнениях и выдачи рекомендаций для бурильщика по предотвращению последствий прогнозируемых осложнений [25].

Разработанный программный компонент «Оркестровка» организует взаимодействие программных компонентов и модулей, входящих в автоматизированную систему предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин. Основным результатом работы данного программного компонента является предупреждение об аварии или осложнении в процессе строительства скважин [26].

Разработанный программный компонент «Обратная связь» выдает рекомендации инженеру-бурильщику в случае возникновения аварии или осложнения. При вероятности прогноза осложнения более 0.5 формируется рекомендация, соответствующая данной аварии или осложнению. Для формирования рекомендаций разработан алгоритм выбора рекомендаций из базы знаний, содержащейся в основном хранилище данных [27].

Финансирование

Статья подготовлена по результатам работ, выполненных в рамках Программы государственных академий наук на 2013-2020 годы по теме государственного задания «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности», и № АААА-А19-119013190038-2 в РОСРИДе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная автоматизированная система предотвращения аварийных ситуаций предназначена для оказания помощи персоналу буровых бригад в выявлении возможных осложнений на краткосрочную перспективу (по времени несколько десятков минут и по проходке по стволу до 100 метров). Масштабное внедрение автоматизированной системы предотвращения аварийных ситуаций при строительстве скважин позволит сократить сроки бурения более чем на 10-25 % и стоимость скважин на 5-25 %. По результатам работы в течение 2019-2020 гг. были получены шесть свидетельств регистрации программ для ЭВМ [22-27] и поданы две заявки на получение патентов на полезную модель [28, 29].

Список литературы

1. Noshi C.I., & Schubert J.J. (2018, October 5). The Role of Machine Learning in Drilling Operations; A Review. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/191823-18ERM-MS.
2. Okpo E.E., Dosunmu A. & Odagme B. S. (2016, August 2). Artificial Neural Network Model for Predicting Wellbore Instability. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/184371-MS.
3. Dursun S., Tuna T., Duman K. 2015. Real-Time Risk Prediction During Drilling Operations. <https://www.google.com/patents/WO2015060865A1?cl=en> Google Patents.
4. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Цифровая модернизация нефтегазовой экосистемы – 2018. // Актуальные проблемы нефти и газа, 2018. – № 2 (21). – С. 1-12.
5. Eskandarian S., Bahrami P., Kazemi P. 2017. A comprehensive data mining approach to estimate the rate of penetration: Application of neural network, rule-based models and feature ranking. Journal of Petroleum Science and Engineering, 156, 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.06.039>.

6. Abbas A.K., Bashikh A.A., Abbas H., Mohammed H.Q. 2019. Intelligent decisions to stop or mitigate lost circulation based on machine learning. *Energy*, 183, 1104-1113. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.020>.
7. Zhang F., Islam A., Zeng H., Chen Z., Zeng Y., Wang X., Li S. (2019, November 11). Real Time Stuck Pipe Prediction by Using a Combination of Physics-Based Model and Data Analytics Approach. *Society of Petroleum Engineers*. doi:10.2118/197167-MS
8. Alshaikh A., Magana-Mora A., Gharbi S.A., Al-Yami A. (2019, March 22). Machine Learning for Detecting Stuck Pipe Incidents: Data Analytics and Models Evaluation. *International Petroleum Technology Conference*. doi:10.2523/IPTC-19394-MS
9. Abbas A.K., Assi A.H., Abbas H., Almubarak H., Al Saba M. (2019, November 11). Drill Bit Selection Optimization Based on Rate of Penetration: Application of Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms. *Society of Petroleum Engineers*. doi:10.2118/197241-MS
10. Sule I., Khan F., Butt S. 2018. Kick Control Reliability Analysis of Managed Pressure Drilling Operation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industry* 52: 7-20. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.01.007>
11. Ben Y., Han W., James C., Cao D. (2020, February 25). Building a General and Sustainable Machine Learning Solution in a Real-Time Drilling System. *Society of Petroleum Engineers*. doi:10.2118/199603-MS
12. Bimastianto P., Khambete S., AlSaadi H., Couzigou E., Al-Marzouqi A., Chevallier B., Qadir A., Pausin W., Vallet L. «Digital Twin Implementation on Current Development Drilling, Benefits and Way Forward», Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference, 2020.
13. Отчёт о научно-исследовательской работе по теме: «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования)» (промежуточный). Внутренний номер в ИС «Парус» - 0139-2019-0009.
14. Дмитриевский А.Н., Дуплякин В.О., Еремин Н.А., Капранов В.В. Алгоритм создания нейросетевой модели для классификации в системах предотвращения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве нефтяных и газовых скважин // Датчики и системы. – 2019. – № 12 (243). – С. 3-10.
15. Черников А.Д., Еремин Н.А., Столяров В.Е., Сбоев А.Г., Семенова-Чашина О.К., Фицнер Л.К. Применение методов искусственного интеллекта для выявления и прогнозирования осложнений при строительстве нефтяных и газовых скважин: проблемы и основные направления решения // Георесурсы. – 2020 – № 3. – С. 87-96.
16. Дмитриевский А.Н., Сбоев А.Г., Еремин Н.А., Черников А.Д., Наумов А.В., Грязнов А.В., Молошников И.А., Бороздин С.О., Сафарова Е.А. Об увеличении продуктивного времени бурения нефтегазовых скважин с использованием методов машинного обучения // Георесурсы. – 2020. – № 4. – С. 79-85.
17. Архипов А.И., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Черников А.Д., Бороздин С.О., Сафарова Е.А., Сейнаров М.Р. Анализ качества данных станции геолого-технологических исследований при распознавании поглощений и газонефтеводопроявлений для повышения точности прогнозирования нейросетевых алгоритмов. // Нефтяное хозяйство. – 2020. – №08 (1162). – С. 63-67.
18. Borozdin S., Dmitrievsky A., Eremin N., Arkhipov A., Sboev A., Chashchina-Semenova O., Fitzner L., Safarova E. Drilling Problems Forecast System Based on Neural Network. // SPE Annual Caspian Technical Conference (2020). doi:10.2118/202546-MS
19. Еремин Н.А., Черников А.Д., Сарданашвили О.Н., Столяров В.Е. Интеллектуальное бурение при обустройстве цифровых месторождений. // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2020. – №5 (562). – С. 26-36.
20. Еремин Н.А., Черников А.Д., Сарданашвили О.Н., Столяров В.Е., Архипов А.И. Цифровые технологии строительства скважин. Создание высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе

строительства нефтяных и газовых скважин. // Деловой журнал Neftegaz.Ru. – 2020. – № 4 (100). – С. 38-50.

21. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. Роль информации в применении технологий искусственного интеллекта при строительстве скважин для нефтегазовых месторождений // Научный журнал Российского газового общества. – 2020. – № 3 (26). – С. 6-21.

22. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Чашина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Автоматизированная система выявления и прогнозирования осложнений в процессе строительства нефтяных и газовых скважин // Патент на изобретение. Заявка № 2020129673/03 (053361) от 08.09.2020.

23. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Чашина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Автоматизированная система выявления и прогнозирования осложнений в процессе строительства нефтяных и газовых скважин // Патент на изобретение. Заявка № 2020129671/03 (053358) от 08.09.2020.

24. Еремин Н.А., Водопьян А.О., Дуплякин В.О., Черников А.Д., Космос С.А. Программный компонент «Нефтегазовый блокчейн» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020614626, 17.04.2020. Заявка № 2020613699 от 27.03.2020.

25. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чашина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный компонент «Нейросетевые расчеты – построение моделей прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин» (ПКНР) // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660892, 15.09.2020. Заявка № 2020660182 от 08.09.2020.

26. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чашина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный компонент «Адаптация обобщенных нейросетевых моделей прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций к геофизическим параметрам при бурении конкретной скважины» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660890, 15.09.2020. Заявка № 2020660179 от 08.09.2020.

27. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чашина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный компонент «Индикация прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин» (ПК «Индикация») // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020661356, 22.09.2020. Заявка № 2020660450 от 14.09.2020.

28. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чашина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный компонент «Оркестровка – интеграция модулей системы прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660891, 15.09.2020. Заявка № 2020660181 от 08.09.2020.

29. Еремин Н.А., Винокуров В.А., Гушин П.А., Дмитриевский А.Н., Чашина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д., Насекин К.К., Сафарова Е.А., Бороздин С.О., Архипов А.И. Программный компонент «Обратная связь» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020665410, 26.11.2020. Заявка № 2020661058 от 25.09.2020. Дата публикации: 26.11.2020.

2. Тихомиров Л.И., Земцов С.А., Волков С.В., Мещеряков М.А. Новые подходы и инструменты оперативного управления добычей. Сборник Л-Инж, 2019.
3. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Тихомиров Л.И. Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – № 12. – С. 44-49.
4. Тихомиров Л.И., Камалов Р.И., Крохалев А.С., Овчинников А.С. Эффективный запуск процессов предиктивного управления нефтегазодобывающим активом на базе цифровых сервисов AVIST Oil&Gas в центре управления добычей (ЦУД) // Нефть. Газ. Новации. – 2020. – № 8. – С. 35-39.

ЧЕРНОМОРСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ

Сборник докладов

9-й Международной научно-практической конференции
**Инновационные технологии в процессах сбора, подготовки
и транспортировки нефти и газа. Проектирование, строительство,
эксплуатация и автоматизация производственных объектов**

8-й Международной научно-практической конференции
**Интеллектуальное месторождение:
инновационные технологии от пласта до магистральной трубы**

г. Сочи, Красная поляна
05 – 10 октября 2020 г.

Компьютерная верстка и дизайн:

А.Д. Кудухашвили

Перевод: Д.М. Пономарев

Сдано в набор 15.12.2020 г. Подписано в печать 30.12.2020 г.
Формат бумаги 210×297. Бумага листовая для офисной техники.
Гарнитура «Times New Roman». Печать лазерная полноцветная.
Тираж 500 экз.

ООО «Научно-производственная фирма «Нитпо»
350049, г. Краснодар, ул. Котовского, д. 42
Тел/факс: (861) 212-85-85, 216-83-63, 216-83-64, 216-83-65
e-mail: nitpo@mail.ru, nitpo@nitpo.ru
www.nitpo.ru