



МОНИТОРИНГ
РЕМОНТНОГО
ПРОИЗВОДСТВА

РЫНОК
НЕФТЕГАЗОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ

МАШИННОЕ
ОБУЧЕНИЕ

Нефтегаз.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

5 [113] 2021

МНОЖЕСТВЕННАЯ РЕГРЕССИЯ
 РЕЖИМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
 ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА
 ИНДУСТРИЯ 4.0
 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РОБОТЫ
 ПРОГРАММИРОВАНИЕ
 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАЛЬДА
 МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА
 АППРОКСИМИРУЮЩИЕ ЗАДАЧИ
 НЕЙРОННЫЕ СЕТИ
 ИМИТАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
 ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ
 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
 МОНИТОРИНГ
 КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ
 МЕНЯЮЩИЙСЯ ЦИФРОВОЙ ПРОФИЛЬ

ЦИФРОВОЙ АНАЛИЗ

ДИАГНОСТИКА
 НАДЕЖНОСТИ
 ОБОРУДОВАНИЯ
 ИНТЕГРАЦИЯ
 ПИРАМИДА ЗРЕЛОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ
 ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК
 ГЕНЕРАЛЬНАЯ СХЕМА
 МЕТОД ОЦЕНКИ МНОГОМЕРНЫХ СОСТОЯНИЙ
 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
 ОБЪЕМ ИНФОРМАЦИИ
 КРИТЕРИИ ХОТТЕЛИНГА
 ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ
 МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТЬ
 ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА
 КОНФИГУРИРОВАНИЕ
 ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЕ СЛАЖИВАНИЕ
 АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ДАННЫХ
 МЕТОДЫ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
 БЛОКЧЕЙН

ТО всего организма за 1 день

Медицинскую диагностику (чекап) сравнивают с техосмотром, который при регулярном проведении помогает избежать серьезных поломок и проблем. GMS Clinic предлагает своим пациентам комплексную программу диагностики Check-up, направленную на:

- ✓ Оценку общего состояния здоровья
- ✓ Поиск нарушений в работе внутренних органов и систем
- ✓ Выявление начала заболевания при отсутствии видимых симптомов

Осмотр можно пройти за 1 день в комфортных условиях, наличие собственной лаборатории ускорит получение результатов. Вы вместе с персональным менеджером спланируете свои визиты и подберете удобное для вас время. По окончании диагностики вам дадут ответы на все интересующие вопросы о состоянии вашего здоровья и способах его сохранения.

Преимущества Check-up в GMS Clinic:



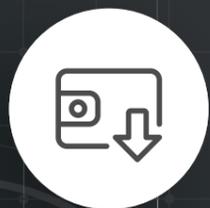
Продолжительность программы 1 день



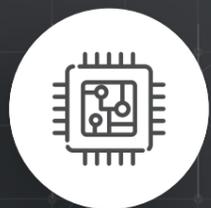
Международные стандарты диагностики



Персональный менеджер-куратор



Стоимость чекапа всего организма значительно ниже, чем в Европе



Современное медицинское оборудование



Доступно даже для тех, кто находится в Москве проездом



Узнать подробнее



GMS
Global Medical System
clinics & hospitals

www.gmsclinic.ru

+7 495 781 5577

Машинное обучение для механизированной добычи нефти



14

Мониторинг ремонтного производства с использованием информационных технологий



26

Планирование и проектирование нефтегазодобывающих регионов и месторождений



38

Интеллектуальные роботы для мониторинга надежности и безопасности систем транспорта углеводородов



48

Эпохи НГК 4

РОССИЯ *Главное*

2021 – год науки 6

Лицензирование недропользования 8

События 10

Первой строчкой 12

ДОБЫЧА

Машинное обучение для механизированной добычи нефти 14

ПРОМБЕЗОПАСНОСТЬ

Безопасно – значит современно 20

Календарь событий 23

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Мониторинг ремонтного производства с использованием информационных технологий 26

Энтропийный «компас» для анализа бюджета экономической системы 30

Планирование и проектирование нефтегазодобывающих регионов и месторождений 38

Интеллектуальные роботы для мониторинга надежности и безопасности систем транспорта углеводородов 44

Цифровой анализ керна в задачах проектирования разработки нефтяных и газовых месторождений 50

Цифровой анализ керна в задачах проектирования разработки нефтяных и газовых месторождений



50

Ранняя диагностика и прогнозирование надежности промышленного оборудования на основе «цифрового двойника»



60

Оптимизация работы компрессорных станций



84

Нефтегаз-2021



98

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Ранняя диагностика и прогнозирование надежности промышленного оборудования на основе «цифрового двойника» 60

Управление корпоративной безопасностью в нефтегазовом секторе 68

ЗАПАСЫ

Что показала инвентаризация запасов нефти 74

ОБОРУДОВАНИЕ

Современные газокomppressorные технологии как фактор надежной эксплуатации генерирующего оборудования 80

Оптимизация работы компрессорных станций 84

РЫНОК

Рынок нефтегазового оборудования 88

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

Итоги 18-й Международной практической конференции «Механизированная добыча нефти – 2021» 94

Нефтегаз-2021 98

Новости науки 100

Россия в заголовках 102

Хронограф 103

Нефтегаз *Life* 104

Классификатор 106

Цитаты 112

СОДЕРЖАНИЕ

889 лет назад

В 1132 году в Сычуане (Китай) нефть добывали из скважины, пробитой с помощью бамбуковых шестов.

286 лет назад

В 1735 году во Франции близ г. Пешельброн началась добыча нефти шахтным способом.

167 лет назад

В 1854 году профессором химии Йельского университета Б. Силлимэнном была создана первая в мире нефтяная компания Pennsylvania Rock Oil Co.

142 года назад

В 1879 году был проложен первый нефтепровод от района добычи нефти около г. Вильямспойнт до г. Корнвиль.

135 лет назад

В 1886 году был проложен первый газопровод из г. Нейн до г. Буффало.

111 лет назад

В 1910 году знаменитый геолог Эвверет Ли Гойер открыл «Мексиканскую золотую линию» — цепь месторождений в Мексиканском заливе.

99 лет назад

В 1922 году началась добыча нефти в Венесуэле.

94 года назад

В 1927 году в Иране было открыто крупное месторождение Киркук.

83 года назад

В 1938 году была национализирована нефтяная промышленность Мексики и образована государственная компания Petroleos Mexicanos.

74 года назад

В 1947 году в Саудовской Аравии было открыто крупнейшее в мире месторождение нефти — Гавар.

61 год назад

В 1960 году ряд стран в противовес картелю «7 сестер» образовали ОПЕК.

16 лет назад

В 2005 году в мире действовало 798,7 тыс. добывающих скважин.

Издательство Neftegaz.RU

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Ольга Бахтина

Шеф-редактор
Анна Павлихина

Редактор
Анастасия Никитина

Аналитики
Артур Гайгер
Дарья Беляева

Журналисты
Анна Игнатьева
Елена Алифинова
Сабина Бабаева

Дизайн и верстка
Елена Валетова

Корректор
Виктор Блохин

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Ампилов Юрий Петрович
д.т.н., профессор, МГУ им. М.В. Ломоносова

Алюнов Александр Николаевич
Вологодский государственный университет

Бажин Владимир Юрьевич
д.т.н., эксперт РАН, Санкт-Петербургский горный университет

Гриценко Александр Иванович
д.т.н., профессор, академик РАН

Гусев Юрий Павлович
к.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ

Данилов-Данильян Виктор Иванович
д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН, Институт водных проблем РАН

Двойников Михаил Владимирович
д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет

Еремин Николай Александрович
д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

Илюхин Андрей Владимирович
д.т.н., профессор, Советник РААСН, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Каневская Регина Дмитриевна
действительный член РАН, д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

Макаров Алексей Александрович
д.э.н., профессор, академик РАН, Институт энергетических исследований РАН

Мастепанов Алексей Михайлович
д.э.н., профессор, академик РАН, Институт энергетической стратегии

Панкратов Дмитрий Леонидович
д.т.н., профессор, Набережночелнинский институт

Половинкин Валерий Николаевич
научный руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр», д.т.н., профессор, эксперт РАН

Сальгин Валерий Иванович
д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор МИЭП МГИМО МИД РФ

Третьяк Александр Яковлевич
д.т.н., профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет



Издательство:
ООО Информационное агентство Neftegaz.RU

Директор
Ольга Бахтина

Отдел рекламы
Дмитрий Аверьянов
Денис Давыдов
Ольга Щербакова
Валентина Горбунова
Екатерина Мардасова
Артур Оганесян
Анна Егорова
pr@neftgaz.ru
Тел.: +7 (495) 650-14-82

Представитель в Евросоюзе
Виктория Гайгер

Служба технической поддержки
Андрей Верейкин
Сергей Прибыткин
Евгений Сукалов

Выставки, конференции, распространение
Мария Короткова

Деловой журнал Neftegaz.RU зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия в 2007 году, свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-46285

Адрес редакции:
127006, г. Москва, ул. Тверская, 18, корпус 1, оф. 810
Тел. (495) 650-14-82, 694-39-24
www.neftgaz.ru
e-mail: info@neftgaz.ru
Подписной индекс МАП11407

Перепечатка материалов журнала Neftegaz.RU невозможна без письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях, а также за политические, технологические, экономические и правовые прогнозы, представленные аналитиками. Ответственность за инвестиционные решения, принятые после прочтения журнала, несет инвестор.

Отпечатано в типографии «МЕДИАКОЛОР»

Заявленный тираж 8000 экземпляров



DOMINO

ВЫБРАТЬ КВАРТИРУ



КВАРТИРЫ КЛАССА БИЗНЕС-ЛАЙТ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Группа Эталон

Черная речка 600 м

+7 (812) 380-05-25

Застройщик ООО «Специализированный застройщик «Эталон» (Домино) СПб, Белоостровская улица, дом 28, литера А. Проектная декларация на сайте <https://neftgaz.ru/> наш дом. рф/ Эксклюзивный агент по поиску и привлечению клиентов: АО «Эталон ЛенСпецСМУ».



2021 – ГОД НАУКИ

2021 ГОД ОБЪЯВЛЕН В РОССИИ ГОДОМ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ. ЧТО САМО ПО СЕБЕ ПОДРАЗУМЕВАЕТ ОСОБОЕ ВНИМАНИЕ И ВСЕВОЗМОЖНЫЕ МЕРЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК И ИХ ВНЕДРЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО. ОДНАКО РЕАЛЬНОСТЬ ПОКА НЕ ОПРАВДАЛА ЭТИ ОЖИДАНИЯ

Анна Павлихина

Выступая с посланием к Федеральному Собранию, президент В. Путин отметил, что до 2024 года на науку из федерального бюджета планируется выделить 1,63 трлн рублей. Учитывая уровень доходов страны и ее позиционирование, могло быть чуть больше. Но дело не в самой цифре, а в том, что государство в России – единственный источник финансирования науки. Лишь 1,1% составляет объем внебюджетных средств. Среди стран, входящих в десятку лидеров по общему финансированию науки, схожая картина лишь в Индии, остальные могут уверенно похвастаться инвестиционной активностью со стороны бизнеса. Так, в Великобритании доля компаний составляет 54,8%, на Тайване доходит до 80%.

России принадлежит одно из первых мест по количеству населения, занятого в сфере научной деятельности, а российский бизнес остро нуждается в разработках, за которые готов платить, так почему доля бизнеса в инвестировании науки столь незначительна?

С одной стороны, инвестиции в науку самые долгие, а крупный бизнес в России, например нефтегазовый, не привык ждать так долго, имея возможность зарабатывать на быстрой продаже сырья. С другой стороны, основное условие инвестиционной привлекательности – стабильность. Как правило, от момента изобретения до момента внедрения инновации проходит немало времени, за которое в условиях социальной нестабильности, турбулентности экономических процессов и обилия недружелюбных законодательных инициатив может многое измениться.

Пару лет назад мы уже писали о том, какой вред могут нанести тотальный контроль за деятельностью ученых и противодействие международным контактам в научной среде. Сегодня подобное происходит в неотделимой от научной – образовательной сфере.

В марте Госдума приняла поправки к закону о просветительской деятельности. Законопроект, призывающий



Технологические достижения России.
Год науки и технологий

уделить особое внимание сотрудничеству образовательных учреждений с международными организациями, ученые охарактеризовали как носящий «чисто ограничительный характер» и создающий предпосылки для «репрессивного и цензурирующего регулирования». Сложно не согласиться, что так оно и есть, особенно, учитывая, что инициатива исходила от группы депутатов, возглавляемых председателем комиссии СФ по защите госсuverенитета А. Климовым и руководителем думского комитета по безопасности В. Пискаревым, по мнению которых, отсутствие такого регулирования «создает предпосылки для бесконтрольной реализации антироссийскими силами круга пропагандистских мероприятий».

Несмотря на критику со стороны РАН и петицию, подписанную более 235 тыс. человек, законопроект был утвержден. В ответ на доводы ученых глава думского комитета по образованию и науке В. Никонов парировал: «Если кто-то будет выступать против, у меня вопрос: на кого вы работаете?»

В условиях, когда науку подвергают цензуре, а сотрудничество с иностранцами приравнивают к шпионажу, об инвестициях речи идти не может. Если сравнить 2019 и 2010 годы, и без того мизерный объем иностранных инвестиций сократился с 3,5 до 2,4%.

Второй очаг сопротивления научного сообщества ведомственным инициативам вспыхнул в сфере сращивания Российского фонда фундаментальных исследований с Российским научным фондом. В Минобрнауки заявляют, что действующие проекты продолжают получать деньги. Но, по мнению ученых, монополия приведет к коррупции. Профессор РАН А. Оганов уверен: «Мировая практика показывает, что монополисты всегда проигрывают в качестве».

Сегодня наша страна по удельному весу затрат на науку в ВВП (1,1%) занимает 34 место. По затратам на разработки в расчете на одного исследователя – 47 место. За последние десять лет в производство внедрены разработки лишь 20% исследовательских организаций. В п. 14 Стратегии научно-технологического развития РФ в качестве одного из наиболее значимых с точки зрения научно-технологических вызовов названо «исчерпание возможностей экономического роста России, основанной на экстенсивной эксплуатации сырьевых ресурсов, на фоне формирования цифровой экономики и появления ограниченной группы стран-лидеров, обладающих новыми производственными технологиями и ориентированных на использование возобновляемых ресурсов».

Объявленный годом науки, 2021 год пока принес только цензуру, монополию и недофинансированность. И глядя на то, как стремительно инициаторы законопроектов задвигают российскую науку за горизонт событий научно-технического прогресса, хочется спросить: на кого вы работаете? ●

Использованы данные: kremlin.ru, syzrantoday.ru

ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Елена Алифирова

Госдума приняла в третьем чтении инициированный правительством РФ закон, уточняющий правила и порядок лицензирования пользования участками недр. Закон вступит в силу 1 января 2022 г.

Согласно документу, все торги по продаже лицензий на пользование недрами будут проводиться только в электронном виде и только в форме аукциона, исключив такую форму, как конкурс. Аукционы проводятся в электронной форме. Критерием выявления победителя будет являться наибольший размер разового платежа за пользование участком недр. В случае если аукцион признан не состоявшимся в связи с наличием только одного лица, этому участнику будет оформлена лицензия на пользование недрами с установлением размера разового платежа за пользование участком недр не ниже установленного условиями аукциона, увеличенного на «шаг аукциона».

Исключается положение, согласно которому недра для добычи общераспространенных полезных ископаемых с целью производства строительных материалов могли не предоставляться при условии возможности использования отходов добычи полезных ископаемых и отходов иных производств, являющихся альтернативными источниками сырья. Закон предусматривает также предоставление недр в пользование для строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, в т.ч. сооружений для захоронения радиоактивных, производственных и потребительских отходов I–V классов опасности. Уточняется норма, устанавливающая основания для ограничения и запрещения пользования недрами (оно может быть ограничено или запрещено в целях обеспечения обороны страны и безопасности государства, рационального использования и охраны недр, охраны окружающей среды).

Также вводится реестр недобросовестных участников аукционов на право пользования участками недр, в который будут включаться сведения об участниках, признанных победителями аукционов, но не уплативших в срок соответствующий разовый платеж за пользование участком недр.

Согласно документу, передать лицензию на пользование недрами третьим лицам, в том числе в пользование, будет невозможно.

Закрепляется перечень случаев, при которых осуществление права пользования недрами может быть приостановлено соответствующими органами. ●

Рейтинги Neftegaz.RU

После инцидента с севшим на мель в Суэцком канале Ever Given началось активное обсуждение альтернативных маршрутов. Станет ли Северный морской путь полноценной альтернативой Суэцкому каналу?

Станет ли СМП альтернативой Суэцкому каналу?

32%

Да, путь по СМП короче, а экономия времени – это экономия средств

33%

Нет, СМП можно использовать лишь несколько месяцев в году и он еще не скоро перейдет в режим круглогодичной навигации

6%

Да, Суэцкий канал запятнал свою репутацию после инцидента с севшим на мель сухогрузом, это привлекает внимание к любым альтернативным маршрутам

17%

Нет, вопрос использования СМП становится политическим, что затруднит беспрепятственное прохождение по нему иностранных судов

12%

Со временем будут использоваться оба маршрута

После обвинения в шпионаже и высылке российских дипломатов из Вашингтона, все чаще говорят о возможных новых санкциях, призванных ударить по российскому нефтегазовому комплексу. Пострадают ли российские энергетические компании от запрета на продажу им технологий для разведки и добычи?

Пострадает ли российский ТЭК, если США введут запрет на продажу технологий для геологоразведки и добычи?

38%

Да, своих технологий, способных полностью заменить иностранные, у России нет

15%

Нет, добыча нефти не остановится в любом случае

17%

Да, чтобы конкурировать на мировом рынке, надо обладать самыми новыми технологиями

4%

Нет, в России есть собственные разработки

26%

В скором времени технологии добычи нефти и газа будут не нужны, так как пора переходить на альтернативную энергетику

5–8 ОКТЯБРЯ 2021



X ЮБИЛЕЙНЫЙ ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГАЗОВЫЙ ФОРУМ

ПРИЗНАННАЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ ДИСКУССИИ
О РАЗВИТИИ МИРОВОЙ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

РЕКЛАМА

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ

ПАРТНЕРЫ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
СПОНСОР



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

+7 (812) 240 40 40 (ДОБ. 2626, 2122)
GF@EXPOFORUM.RU

GAS-FORUM.RU 18+



Выборы президента
Обвал рынка акций
Газовые войны
Запуск нового производства
Слившие капиталов
Северный поток
Новый глава Роснефти
Цены на нефть

Второй век ВСТО
Богучанская ТЭС запущена
Продажа квот
Дочки руды до Арктики
Южный поток
Цены на газ
Северный поток достроили



новых специнвестконтрактов. Кроме того, в 2021 г. правительством планируется создание проектного офиса и межведомственной рабочей группы для развития водородной энергетики в России.

Роснефть получила часть проекта Сахалин-4

Правительство РФ без проведения аукциона предоставило Роснефти право пользования Северо-Сахалинским участком недр федерального значения.



Участок представляет собой южную часть Западно-Шмидтовского блока проекта «Сахалин-4», который когда-то Газпром нефть планировала реализовать совместно с американской ARCO. На острове работает РН-Сахалинморнефтегаз, дочка Роснефти. Северная часть о. Сахалин также представляет интерес для Роснефти. В июле 2020 г. Роснефть сообщила о полной остановке добычи нефти на о. Сахалин. РН-Сахалинморнефтегаз добывает 1,5 млн т/год нефти, и для транспортировки добытой нефти на материк Роснефть начала прорабатывать альтернативные маршруты. В итоге РН-Сахалинморнефтегаз сможет возобновить добычу, а освоение новых участков позволит обеспечить загрузку вновь созданной инфраструктуры.

Минэнерго заключило инвестсоглашения о модернизации мощностей с 14 НПЗ

Минэнерго заключило с НПЗ соглашения о предоставлении инвестиционной надбавки к возвратному акцизу на нефтяное сырье до 1 января 2031 г. для строительства новых производственных мощностей глубокой переработки. Объем инвестиций в установки вторичной переработки в рамках программ модернизации НПЗ с 2019 г. по 2026 г. составит около 800 млрд руб. Условие получения дополнительного инвестиционного коэффициента (1,3) к обратному акцизу на нефтяное сырье – инвестиции в строительство установок глубокой переработки нефти – более 50 млрд руб. к 2026 г.

Соглашения были подписаны в отношении проектов модернизации Московского, Омского, Кстовского, Афиопского и Орского НПЗ, а также Новошахтинского завода нефтепродуктов Петон, ТАНЕКО, Ильского НПЗ, Газпром нефтехим Салават, Новокуйбышевского, Сызранского, Туапсинского, Комсомольского и Антипинского НПЗ.

Минпромторг планирует запустить автобусы на водороде в 2024 г.

Минпромторг рассчитывает, что эксплуатация автобусов на водородном топливе начнется в России в 2024 г. Однако их серийное производство может быть налажено только при условии спроса и наличия в стране соответствующей зарядной инфраструктуры.



Ранее В. Путин поставил задачу к 2023 г. сделать городские автобусы на водородном топливе, а в дальнейшем и локомотивы. КАМАЗ уже заявлял о планах создать такой автобус. 16 февраля 2021 г. глава Минпромторга Д. Мантуров сообщил, что ведомство намерено включить технологии по использованию водорода в приоритетные при заключении



Еще один СПГ-завод в Свердловской области

В г. Верхняя Пышма Свердловской области планируется строительство малотоннажного завода по производству СПГ. Мощность будущего производства составит 8 тыс. т СПГ в год и 20 млн м³ в год компримированного газа. Стоимость проекта 356 млн руб. На предприятии будет проводиться подготовка и сжижение природного газа с последующим использованием в ГМТ для пассажирского и грузового транспорта. Проект включает строительство автомобильного газозаправочного топливного пункта с производством компримированного природного газа и СПГ. Реализовать проект планируется в течение двух лет.

На Курилах построят новую геотермальную электростанцию

На южнокурильском острове Итуруп построят новую геотермальную

электростанцию, которая получит имя «Океанская-2». Ожидаемая стоимость проекта – около 2 млрд руб.

В проект вложатся как государственные, так и частные инвесторы. Часть денег поступит из местного и федерального бюджета.

Предварительно, мощность станции составит 5 МВт, с потенциальной пиковой мощностью в 15 МВт. Этого хватит для снабжения электричеством всего местного населения и промышленных объектов.



На острове раньше работала ГеоТЭС «Океанская» мощностью 3,5 МВт, однако в 2013 г. она сгорела и была демонтирована.

Предприятия в Арктике оштрафовали на 17,5 млн рублей

Выявлено 1786 нарушений и заведено 400 административных дел в результате проверок предприятий в Арктической зоне Роспотребнадзора.

На 95 объектов наложено более 17,5 млн руб. штрафов. По признанию представителей ведомства, у одних предприятий нет проектной документации, другие заваливают отходами бурения окрестности городов, третьи вовремя не ремонтируют оборудование.



Сегодня проверки компаний в Арктической зоне не завершаются, т.к. предстоит проверить еще примерно 95 предприятий. Основные производственные мощности, обеспечивающие жизнедеятельность Арктического региона, построены и введены в эксплуатацию в 1940–1960-е гг.

Ранее ведомство сообщило о неудовлетворительном итоге проверок ранее выданных предписаний в отношении Таймырской топливной компании и Норильсктрансага. Большая часть нарушений так и не была устранена. ●

128,8 млрд руб.

инвестирует в газификацию Газпром до конца 2021 г.

включая 73 млрд руб. на строительство межпоселковых газопроводов. В итоге уровень газификации составит 72,1%

39%

составляет общий прогресс проекта «Арктик СПГ-2»

1-я очередь готова на 53%

Свыше 497,2 млрд м³

запасов газа планирует прирастить Газпром в 2021 г.

и 8,6 млн т жидких углеводородов

Около 100 млрд руб.

будет вложено в развитие Новошахтинского завода нефтепродуктов до 2024 г.

Более 60 млрд м³

газа поставил Газпром на экспорт в дальнее зарубежье с начала 2021 г.

Добыча газа составила 158,1 млрд м³

41,173 млрд руб.

составит итоговая сумма дивидендов СИБУРа за 2020 г.

Более 2 трлн руб.

дополнительных доходов получила Россия благодаря соглашению ОПЕК+ за 2020 г.

73,55 млрд руб.

направит Роснефть на выплату дивидендов по итогам 2020 г.

На 13,2%

до 33,583 млрд кВт·ч, снизила выработку электроэнергии Русгидро в 1-м квартале 2021 г.

Более 40 бензовозов

с нефтью вывезли из Сирии американские военные

Более 520 млн руб.

направят на повышение экологичности Хабаровской ТЭЦ-3

Энергетикам предстоит уложить в тело дамбы 490 тыс. м³ суглинки

На 5,6%

увеличил добычу газа НОВАТЭК в 1-м квартале 2021 г., реализацию – на 3,6%

Среднесуточная добыча углеводородов выросла на 6,4%, до 1,76 млн бнз/сутки

Более 50 судов

нужно построить для проекта Роснефти «Восток Ойл» на Таймыре

Из них 10 – танкеры Aframax, предназначенные для вывоза продукции по СМП

700 млрд м³

достиг суммарный показатель потребления газа Республикой Татарстан в апреле 2021 г.

По объему потребления природного газа Татарстан занимает 2-е место в России. Уровень газификации республики – 99,6%

На 2,7 долл. США

понижилась в мае экспортная пошлина на нефть

Средняя цена нефти сорта Urals с 15 марта по 14 апреля 2021 г. составила 61,896 долл. США/барр.

Первый уголь с Сырадасайского месторождения в объеме

200 тыс. т планируется отгрузить в 2021 г.

Проект создания угольного кластера на п-ве Таймыр полностью завершат в 2040 г.

Более 1 млрд долл. США

вложит Huawei в технологии для электромобилей, чтобы конкурировать с Tesla

Почти 1 млрд долл. США

заплатила Белоруссия за 2 месяца импорта нефти

Объемы импорта в стоимостном выражении выросли почти в 3 раза

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ



**Топольников
Андрей Сергеевич**

Управление цифровой трансформации производственных процессов, ООО «РН-БашНИПНефть», к.ф.-м.н.

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ В ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ СОПРОВОЖДАЕТСЯ ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ ДОСТИЖЕНИЯМИ В СФЕРЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ. МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВИЗАЦИИ, СПОСОБНО УСПЕШНО РЕШАТЬ МНОГИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ. В РАБОТЕ ОПИСЫВАЕТСЯ ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЯДА ЗАДАЧ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ КОНТРОЛЯ ЗА РАБОТОЙ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL LIFT IN RECENT YEARS IS ACCOMPANIED BY SIGNIFICANT ACHIEVEMENTS IN THE AREA OF DIGITALIZATION. THE MACHINE LEARNING, AS AN IMPORTANT ELEMENT OF DIGITALIZATION, CAN SUCCESSFULLY SOLVE MANY PRODUCTION PROBLEMS. IN THE WORK THE APPLICATION OF THE MACHINE LEARNING IS DESCRIBED USING THE EXAMPLES OF SET OF PROBLEMS ARISING DURING THE PROCESS OF MONITORING OF THE OPERATION OF PUMP EQUIPMENT FOR OIL PRODUCTION

Ключевые слова: цифровизация, искусственный интеллект, машинное обучение, механизированная добыча нефти.

Машинное обучение в общем случае является разновидностью искусственного интеллекта, который представляет собой способность компьютера или робота мыслить как человек, то есть понимать язык, обучаться, рассуждать, решать различные проблемы. Две основные разновидности искусственного интеллекта – экспертные системы и машинное обучение – используют различные принципы при решении задач. Экспертные системы базируются на принципе индукции (от общего к частному). В механизированной добыче нефти именно на нем построены все основные регламентирующие документы. Машинное обучение – разновидность искусственного интеллекта, когда машина или компьютер самообучается в процессе решения задачи, и, в отличие от экспертных систем, построено на дедуктивном подходе (от частного к общему).

Основными понятиями машинного обучения являются:

- экземпляр – единичный объект наблюдения или запись (например, нефтяная скважина);
- целевая функция – числовая или категориальная переменная, отнесенная к экземпляру, являющаяся объектом поиска (в механизированной добыче нефти примерами целевой функции являются наработка на отказ – числовая переменная, прогноз отказа через 180 суток (да/нет) – категориальная переменная);
- признак – числовая или категориальная переменная, отнесенная к экземпляру, используемая для предсказания целевой функции (например, дебит жидкости – числовая переменная, наличие осложнений (да/нет) – категориальная переменная);
- обучающая выборка – набор экземпляров с известной целевой функцией, используемый для построения модели машинного обучения (например, перечень скважин с технологическими режимами и известными наработками на отказ);

ФАКТЫ

70%

времени при решении задачи занимает этап сбора и анализа исходных данных

- тестовая выборка – набор экземпляров, используемый для проверки качества модели машинного обучения (перечень скважин с технологическими режимами, у которых нужно спрогнозировать наработку на отказ или сказать, произойдет ли отказ в течение 6 месяцев).

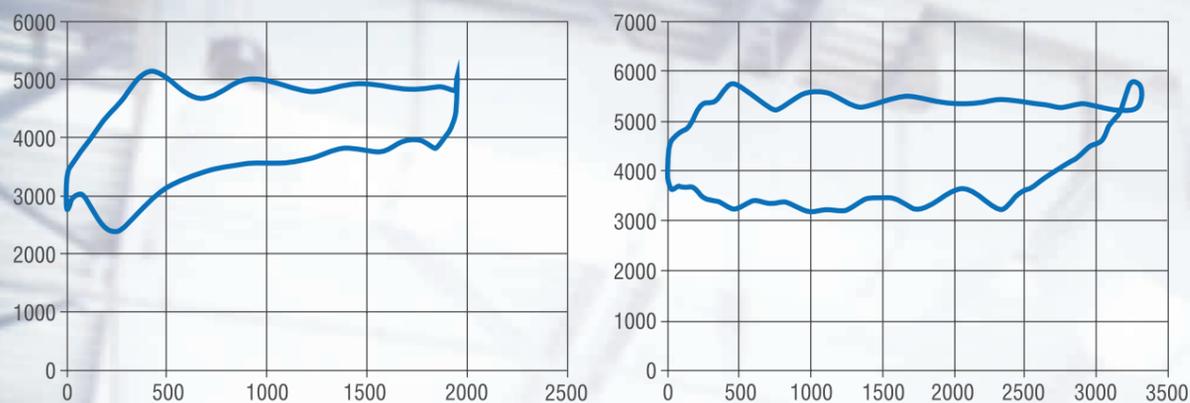
Как правило, в механизированной добыче нефти большинство производственных задач, решаемых с помощью машинного обучения, сводится к двум основным типам задач при так называемом «обучении с учителем» (известная целевая функция на обучающей выборке:

- задача классификации (целевая функция дискретная, например, тип осложняющего фактора или заключение о скором отказе оборудования (да/нет));
- задача регрессии (целевая функция непрерывная, например, наработка на отказ).

Алгоритм решения задач с помощью машинного обучения состоит из следующих шагов:

- сбор и анализ исходных данных (обычно этот этап отнимает от 70% и более времени на решение всей задачи);
- построение модели (выбор подходящей модели машинного обучения);
- оценка точности модели (на основе метрик, таких как точность, полнота, F-мера, ROC-кривая – для моделей классификации,

РИС. 1. Примеры неисправностей в работе штанговой насосной установки, описываемые динамограммами. Слева – влияние газа, справа – заедание плунжера в цилиндре



среднеквадратичная ошибка, коэффициент детерминации – для моделей регрессии);

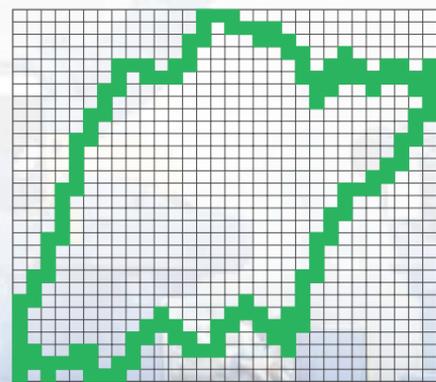
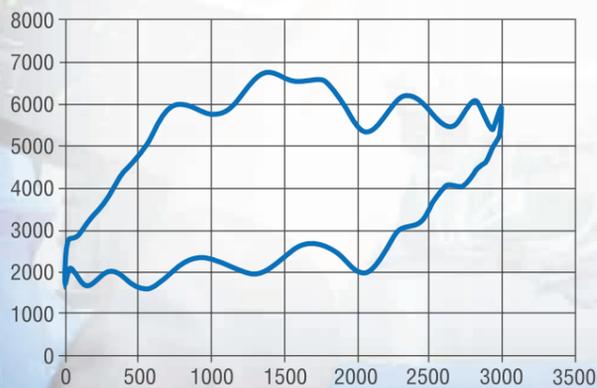
- оптимизация параметров модели (почти все модели имеют так называемые «настроечные» параметры, позволяющие улучшить качество прогноза);
- прогноз на новых данных (применение модели на тестовой выборке).

Ниже приводятся примеры постановок и решений некоторых задач механизированной добычи нефти, в которых методы машинного обучения находят свое применение. Следует отметить, что представленные результаты расчетов не являются окончательными (что, вообще говоря, отличает машинное обучение от классических методов решения задач, основанных на математическом моделировании) и могут быть улучшены после дообучения моделей и дополнительной очистки исходных данных.

Диагностика неисправностей штанговой насосной установки по динамограмме

Для заданной динамограммы требуется определить вид неисправности на основе оценки графической «похожести» этой неисправности на один из нескольких типов эталонных отклонений

РИС. 2. Пример оцифровки динамограммы



ФАКТЫ

88%

на тестовой выборке составило среднее значение F-меры после обучения и настройки параметров модели на обучающей выборке

от нормальной эксплуатации (рис. 1). Решение этой задачи в промышленных условиях позволяет оптимизировать режим эксплуатации штанговой насосной установки или запланировать корректирующие мероприятия, чтобы увеличить добычу нефти и повысить наработку на отказ установки.

Задача решалась на выборке из нескольких десятков тысяч динамограмм, для каждой из которых интерпретаторами были диагностированы неисправности (одна или несколько) либо имелось заключение об отсутствии неисправностей. Для решения задачи каждая динамограмма была оцифрована и преобразована к виду квадратной матрицы размерностью 30×30 (рис. 2). Всего было выделено около 100 статистически значимых классов отклонений, каждый из которых одновременно мог содержать до 3 типов классических отклонений (влияние газа, утечки в клапанах,

высокая или низкая посадка плунжера и др.). Вся выборка динамограмм, содержащая эти классы, была поделена на обучающую и тестовую выборки в соотношении 80:20. В качестве модели машинного обучения использовался многоклассовый классификатор, основанный на методе опорных векторов, при этом для каждого класса оптимизация параметров модели проводилась индивидуально. После обучения и настройки параметров модели на обучающей выборке среднее значение F-меры (метрика качества модели, сочетающая в себе полноту и точность) на тестовой выборке составило 88%.

Следует отметить, что при диагностике неисправностей в работе штанговой насосной установки на основе анализа промышленных динамограмм имеется важный фактор, влияющий на качество обучающей выборки скважин. Он обусловлен тем, что интерпретацией динамограмм занимаются разные специалисты и не всегда их заключения совпадают между собой, особенно если допускается наличие одновременно нескольких неисправностей. Более того, один и тот же специалист может повторно выдать иное заключение по динамограмме, которую он интерпретировал ранее.

Расчет эффективной длины хода плунжера по динамограмме

Для заданной динамограммы требуется определить эффективную длину хода плунжера на основе множественной регрессии, когда она зависит от координат точек, составляющих график динамограммы. Знание эффективной длины хода плунжера позволяет рассчитать дебит жидкости по скважине без применения групповой замерной установки (ГЗУ), что во многих случаях (неисправность ГЗУ, недостаточная дискретность замеров дебита) является актуальной производственной задачей.

В отличие от предыдущей задачи классификации динамограмм по типам неисправностей, здесь решалась задача регрессии. Для каждой динамограммы из выборки, содержащей около 30 тысяч экземпляров, была известна эффективная длина хода плунжера, определенная интерпретаторами с помощью графических вычислений. Эта выборка разбивалась на обучающую и тестовую в соотношении 80:20. В качестве модели машинного обучения использовался метод градиентного бустинга.

ФАКТЫ

6%

составила средняя относительная ошибка в определении эффективной длины хода плунжера на тестовой выборке после обучения

После обучения средняя относительная ошибка в определении эффективной длины хода плунжера на тестовой выборке составила 6%.

Прогноз вероятности отказа установки электроцентробежного насоса (УЭЦН)

На основе истории изменения параметров технологического режима работы скважины требуется предсказать вероятность отказа на заданном временном интервале. Решение этой задачи позволяет не только оперативно реагировать на негативные изменения в работе УЭЦН на конкретной скважине, но и решать более глобальные задачи, такие как минимизация простоев из-за внеплановых капитальных ремонтов и замен УЭЦН и планирование потребности в УЭЦН для цехов добычи.

Для решения задачи была проанализирована статистика изменения параметров для более чем 40 тысяч скважин, оборудованных УЭЦН, на которых произошли отказы установок. Потребовалось провести предварительную подготовку данных, чтобы исключить некорректные значения и заполнить пропуски в данных. В качестве целевой функции был выбран индекс здоровья скважины, который показывает вероятность отказа УЭЦН в данный момент времени (рис. 3, 4).

Задача решалась с помощью нейронной сети. Все отказы были поделены на две выборки по времени, первая из которых содержала 80% всех отказов и использовалась для обучения нейронной сети, а вторая – для оценки точности прогнозирования. По итогам расчетов выяснилось, что нейронная сеть с точностью 94% позволяет гарантировать, что скважина не откажет в течение ближайшего месяца (индикатором отказа является снижение индекса здоровья до 20% и ниже), однако только в одном случае из восьми позволяет верно предсказать отказ установки за это время.

РИС. 3. Индекс здоровья скважины

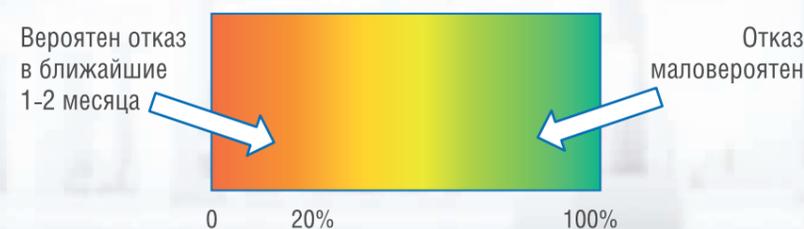
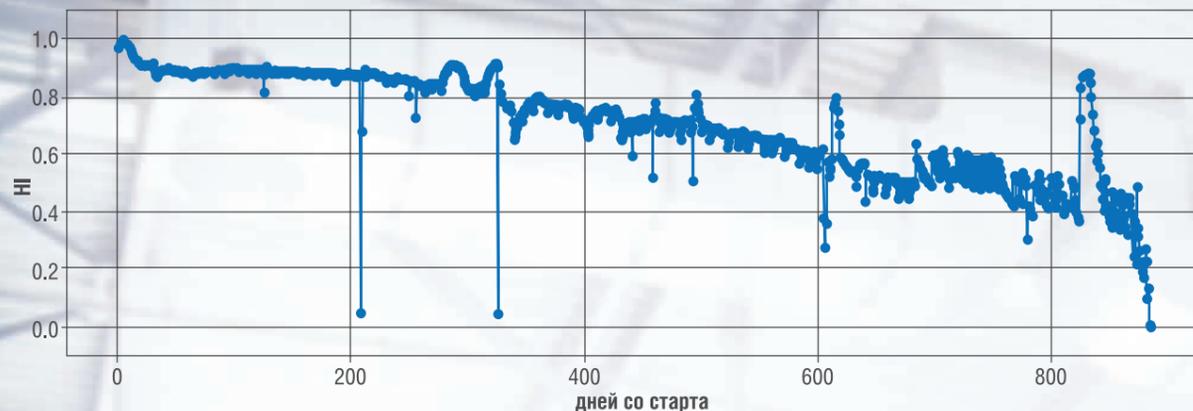


РИС. 4. Пример изменения индекса здоровья скважины перед отказом



Анализ показал, что одной из причин низкой прогностической способности модели является неоднородность исходных данных во времени, связанная с качеством заполнения информации в базах данных на протяжении разных лет.

На сегодняшний день точность предсказания отказов УЭЦН недостаточна для промышленного внедрения алгоритмов прогноза отказа, однако исследования в данном направлении продолжаются. При этом с учетом полученных результатов можно утверждать, что эта точность существенно выше, чем у любой статистической модели, основанной на усреднении наработок на отказ для группы скважин.

Выбор оптимальной технологии защиты от осложняющих факторов

Эта задача возникает на этапе выбора оптимальной технологии защиты для скважины, у которой наблюдаются признаки наличия одного или нескольких осложняющих факторов. В качестве примера приведем решение задачи о выборе оптимальной технологии защиты скважин

ФАКТЫ

94%

составляет точность прогноза нейронной сети, гарантирующей, что скважина не откажет в течение ближайшего месяца

солеотлагающего фонда среди двух технологий дозирования ингибитора солеотложения: постоянное и периодическое дозирование на основе данных о технологическом режиме работы скважин.

Для решения задачи была рассмотрена сравнительно небольшая выборка из примерно 3 тысяч скважин, на которых применялись эти две технологии защиты. Предполагалось, что технологии были подобраны корректно, поэтому история работы скважин не изучалась. Было проведено выделение влияющих параметров и сравнительная оценка точности для 7 различных моделей классификации после разделения на обучающую и тестовую выборки в соотношении 70:30. Средняя прогностическая точность моделей составила 85%.

РИС. 5. Сравнение фактических и расчетных значений глубины спуска скребка в зависимости от глубины спуска насоса для алгоритма случайный лес, $R^2 = 0,81$ (слева), и суточной дозировки ингибитора солеотложений от дебита жидкости для алгоритма линейной регрессии, $R^2 = 0,89$ (справа)

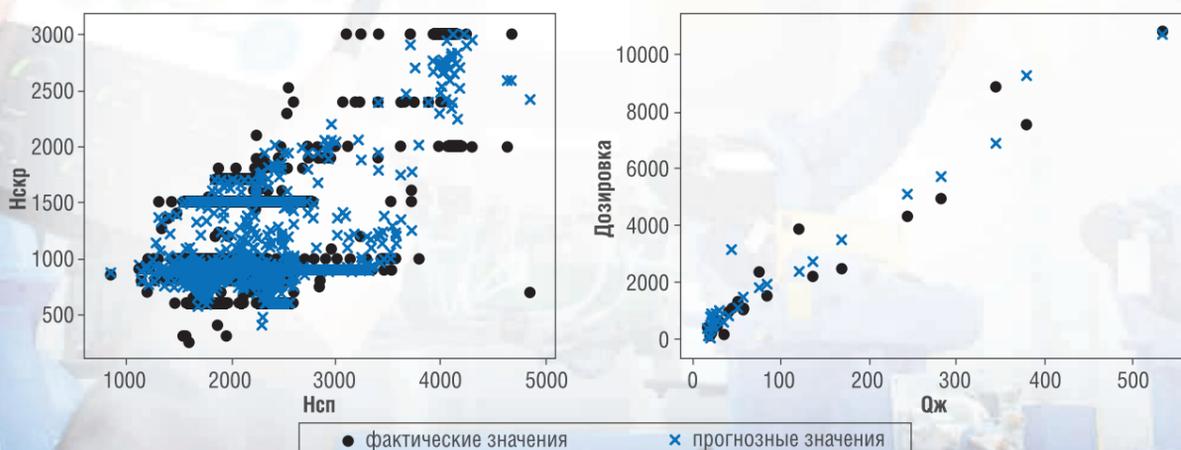
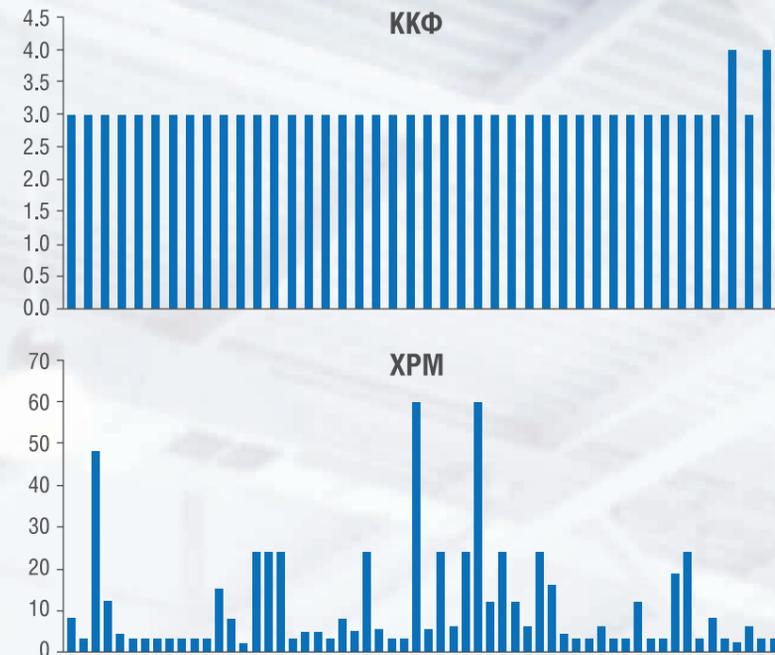


РИС. 6. Гистограммы разгонов ЭЦН в Гц/сут у двух разных специалистов



Выбор параметров технологий защиты скважин от осложняющих факторов

Данная задача связана предыдущей и возникает на этапе, когда защитная технология уже выбрана, но при этом требуется определить оптимальные значения ее параметров. К числу таких параметров могут относиться глубина спуска скребка, суточная дозировка ингибитора, межочистный период и другие. С точки зрения машинного обучения постановка задачи следующая: на основе параметров технологического режима работы скважин осложненного фонда требуется определить оптимальные параметры технологий защиты в виде множественной регрессии от условий эксплуатации.

Снова, как и в предыдущем случае, использовалось предположение о корректности выбранных параметров технологий на обучающей выборке. Рассматривались виды осложняющих факторов и типы технологий, которые образовывали статистически значимые выборки для формирования регрессионных зависимостей. Для некоторых из них удалось получить приемлемые корреляции (рис. 5).

Машинное обучение является мощным инструментом для решения производственных задач, но отнюдь не универсальным. Для примера возьмем задачу выбора разгона ЭЦН при выводе скважины на режим (ВНР) на механизированном фонде, оборудованном станциями управления с частотно-регулируемым приводом. При постановке данной задачи предполагалось построить множественную регрессию темпа набора частоты ЭЦН от условий эксплуатации скважины, таких как дебит жидкости, давление на приеме насоса, загрузка электродвигателя по току, количество взвешенных частиц в продукции скважины и других.

Было проанализировано порядка 300 событий по изменению разгона во время ВНР, но устойчивых корреляций, кроме одной, обнаружено не было. Как показал анализ, определяющим признаком при выборе скорости набора частоты ЭЦН является человек – ответственный специалист за ВНР. На рис. 6 для примера показаны гистограммы разгонов для двух специалистов с инициалами ККФ и ХРМ, которые они устанавливали на скважинах обслуживаемого ими фонда. Видно, что в первый специалист при ВНР придерживается консервативной стратегии и почти всегда выставляет разгон 3 Гц/сут, а второй варьирует темп набора частоты в широких пределах.

В заключение можно отметить следующие обобщающие выводы:

- Современное состояние механизированной добычи нефти позволяет отнести ее к отрасли нефтяной промышленности с высокой степенью автоматизации и цифровизации производства.
- Наличие большого объема накопленной промысловой информации дает возможность, наряду с существующими экспертными системами, активно задействовать методы машинного обучения.
- Машинное обучение позволяет не только заменить эксперта-человека при решении многих существующих практических задач (как, например, при диагностике неисправностей по динамограмме), но и попытаться подступить к задачам, которые до последнего времени считались нерешаемыми (например, предсказание отказов погружного оборудования).
- Ключевой проблемой при использовании методов машинного обучения была, есть и, очевидно, будет оставаться проблема недостаточного качества исходных данных. Поскольку сутью машинного обучения является обобщение и формализация предыдущего опыта (обучение), то крайне важно, чтобы этот опыт фиксировался корректно в источниках исходных данных.

KEYWORDS: digitalization, artificial intelligence, machine learning, artificial lif.

Полная версия журнала
доступна по подписке