

ОБНАРУЖЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВРЕЗОК

ПОДСЧЕТ
МЕХАНИЧЕСКИХ
ЧАСТИЦ



Neffegaz Ruhtepecho o cepbeshom

8 [152] 2024





НОВЫЕ ПОДХОДЫ К БЕЗОПАСНОСТИ ТЭК



Индекс чистой энергии: формулирование и принцип расчета с использованием искусственного интеллекта
Прогнозирование октанового числа бензина по данным спектрального анализа на основе методов машинного обучения

Эпохи НГК	4
РОССИЯ Главное	
СП: баланс приоритетов	6
Разведка и добыча без аукциона	8
События	10
Первой строчкой	12
С Днем нефтяника!	14
ЦИФРОВИЗАЦИЯ	
Простое решение для сложных	
инфраструктур. От чего и как защищать предприятия нефтегазового	
сектора России?	20
Индекс чистой энергии: формулирование	
и принцип расчета с использованием искусственного интеллекта	26
Стоимостной инжиниринг процессов бурен через двухстороннюю синхронизацию	RN
данных производственно-инженерных	22

и управленческо-финансовых систем

СОДЕРЖАНИЕ

Подсчет механических частиц в потоке жидкости с использованием цифровых алгоритмов обработки видео

Микрокапсулирование: физические и физикохимические методы производства капсул для нефтегазовой и



ПИТРИВИЗАЦИЯ

Прогнозирование октанового числа бензина по данным спектрального анализа на основе методов машинного обучения

Подсчет механических частиц в потоке жидкости с использованием цифровых алгоритмов обработки видео

40

ПЕРЕРАБОТКА

Нефтеперерабатывающий завод в ПГТ Ильском: достижения и перспективы 46 Микрокапсулирование: физические и физико-химические методы производства капсул для нефтегазовой и химической отраслей 48

🛌 ЖИЗНЬ КОМПАНИЙ

В гости к родителям	5
Сотрудники Нефтеюганского филиала АО «ССК» приняли участие в подготовке	
и защите дипломов студентов	_
Индустриального института	5

Экспериментальные исследования естественной сепарации на приеме погружного электроцентробежного насоса



Развитие биогазовой отрасли в Европе



Снижение шума на объектах транспорта газа



Обнаружение и локализация УНВ с помощью метода материального баланса на технологическом участке МНП при стационарном режиме



НЕФТЕСЕРВИС

Оценка зависимости потери устойчивости ствола скважин от расстояния до тектонического нарушения	58
Нефтегазовый сервис как триггер технологического суверенитета и структурной модернизации экономики России	62
Разработка методики исследования потери прямолинейной формы устойчивости бурильной колонны в динамических условиях	68

ДОБЫЧА

Экспериментальные исследования
естественной сепарации на приеме
погружного электроцентробежного
насоса

78

94

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Развитие биогазовой отрасли в Европе

ПРОМБЕЗОПАСНОСТЬ

Снижение шума на объектах	
транспорта газа	

ТРАНСПОРТИРОВКА

Обнаружение и локализация УНВ	
с помощью метода материального баланса	
на технологическом участке МНП	00
при стационарном режиме	98

ГОСРЕГУЛИРОВАНИЕ

Обеспечение устойчивого

функционирования внутреннего	
нефтегазового рынка к влиянию внешнеэкономических факторов	104
Календарь событий	113

MODUS VIVENDI

Семейные Мальдивы с Sheraton Maldives Full Moon Resort & Spa	114
Хронограф	116
Россия в заголовках	117
Новости науки	118
Нефтегаз Це	120
Классификатор	122
Цитаты	128



В 1806 году французский изобретатель Франсуа Исаак де Риваз сконструировал первый двигатель, работающий на водороде. Топливо он получал путем электролиза воды.

183 года назад

В 1841 году в Великобритании был выдан первый в мире патент на водородный двигатель.

172 года назад

В 1852 году в Германии был построен двигатель внутреннего сгорания, работающий на воздушноводородной смеси.

130 дет назад

В 1894 году был запатентован первый серийно выпускаемый электромобиль Electrobat, созданный Педро Саломом и Генри Г. Моррисом. Автомобиль был очень медленным и тяжелым - его аккумуляторы весили

117 лет назад

В 1907 году в Сиэтле, США была открыта первая A3C, когда компания Standard Oil of California построила первый специализированный топливный магазин.

113 лет назад

В 1911 году в России появились первые автозаправочные станции.

лет назад

В 1939 году в Москве была построена первая газозаправочная станция.

82 года назад

В 1942 году в блокадном Ленинграде был проложен первый в мире подводный трубопровод для перекачки нефтепродуктов, его построили за 43 дня по дну Ладожского озера на глубине 12 метров.

лет назад

В 1959 году американская компания Allis-Chalmers Manufacturing Company выпустила первый транспорт на водороде, это был трактор.

год назад

В 1973 году произошел самый крупный в мировой истории нефтяной кризис.

Neftegaz.RU

Издательство Neftegaz.RU

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор Опьга Бахтина

Шеф-редактор Анна Павлихина

Редактор Анастасия Никитина

Аналитики Анатолий Чижевский Дарья Беляева

Журналисты Анна Игнатьева Елена Алифирова Анастасия Гончаренко Анастасия Хасанова Анна Шевченко

Дизайн и верстка **Епена Валетова**

энергетической стратеги

Дмитрий Леонидович

д.т.н., профессор,

Панкратов

Корректор Виктор Блохин

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Юрий Петрович

д.т.н., профессор, МГУ им. М.В. Ломоносова

Александр Николаевич ВО «Финансовый **VHИВЕРСИТЕТ** при Правительстве Российской Федерации

Владимир Юрьевич л.т.н., эксперт РАН. Санкт-Петербургский

горный университет Александр Иванович д.т.н., профессор, академик РАЕН

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

Ланипов-Ланипьян Виктор Иванович д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН

Мастепанов Михаил Владимирович Алексей Михайлович д.э.н., профессор, академик РАЕН, Институт

лтн профессор Санкт-Петербургский горный университет

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

Илюхин

Каневская

профессор.

Makanne

.. член РАЕН. д.т.н..

им. И.М. Губкина

д.э.н., профессор.

энепгетических

РГУ нефти и газа (НИУ)

академик РАН, Институт

Половинкин Андрей Владимирович Валерий Николаевич д.т.н., профессор Советник РААСН

научный руководитель ФГУП «Крыловский Московский государственный научны автомобильно-дорожный центр». д.т.н., профессор государственный ехнический университе

Салыгин Валерий Иванович Регина Дмитриевна

л.т.н., член-корреспонлент РАН, профессор МИЭП МГИМО МИЛ РФ

Третьяк Александр Яковлевич д.т.н. профессор. Алексей Александрович

Южно-Российский государственный университет, акалемик



Институт водных проблем РАН

Издательство:

000 Информацио Neftegaz.RU

Директор Ольга Бахтина

Отдел рекламы Дмитрий Аверьянов Валентина Горбунова

Анна Егопова Марина Шевченк Галина Зуева Евгений Короленко

account@neftegaz.ru Тел.: +7 (495) 778-41-01 Служба технической поддержки

Сергей Прибыткин Выставки, конференции,

распространение Мария Короткова

Отдел по работе с клиентами Екатерина Данильчук

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 Алпес пелакции:

123001, г. Москва, Тел.: +7 (495) 778-41-01 Подписной индекс Урал Пресс 013265

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

Отпечатано в типографии «МЕДИАКОЛОР»





BAPTEEC LTD

ПРЕЖНЕЕ НАЗВАНИЕ «BEIJING AEROSPACE PETROCHEMICAL TECHNOLOGY AND EQUIPMENT ENGINEERING CORPORATION LIMITED»





Вертикальный насос (ОН6)

Насосные агрегаты · Запасные части · Сервис ▶ Расход 1~360 м³/ч, напор: 80~3600 м ▶ Мощность двигателя 5,5~2000 кВт

- ► Температура -130~+340 °C ▶ Область применения: нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, химическая отрасли
- ▶ Типичное применение: этилен, пропилен, ПЭ, ПП, ТФК и др.
- **► ISO Сертификаты:** ISO9001, ISO14001, OHSAS 18001 EAC Сертификаты: TP TC 010/2011, TP TC 012/2011, TP TC 020/2011
- ▶ Квалифицированный поставщик: BASF, BP, CTCI, Daelim, Enter, Fluor, Foster Wheeler, GS, Hyundai, Saipem, Samsung, Tecnimont, Toyo
- ▶ **Насосы применялись** в процессах, лицензированных Invista, BP, Univation, Technip, UOP, Axens, Fluor, Siemens и Johnson Matthey
- ▶ Конечные потребители в СНГ: ООО «Амурский газохимический комплекс» (Сибур), Иркутская нефтяная компания, АО «ПОЛИЭФ» (Сибур), Русоксо и ПКОП Шымкентский НПЗ



Испытательный стенд



Сервис на площадке Сибур

Цех

Штаб-квартира г. Пекин, Китай Контактное лицо: Лю Сяо Тел: +86-10-87094356, 87094328 +8617319371970 E-mail: liux@calt11.cn, burw@calt11.cn Авторизованный

ООО «Юникс Инжиниринг» Тел/Факс: +7(495) 648-62-78 E-мail: office@unix-eng.ru

www.calt11.com





Индия и Россия создают

СП

для производства ядерного топлива РусГидро реализует

35 проектов

в 15 странах в области гидроэнергетики и СПГ

Росатом строит

39

энергоблоков в 10 странах ЛУКОЙЛ вместе с итальянской Eni участвует В СПП -проекте в Конго

СП: БАЛАНС ПРИОРИТЕТОВ

Анна Павлихина

Совместные предприятия в нефтегазовой, как и в любой крупной отрасли промышленности, это способ получить выгоду сторонами-участницами там, где она невозможна, если действовать по одиночке. Для одних это возможность монетизации ресурсов, для вторых – обеспечение энергобезопасности своей страны, для третьих – увеличение доли на рынке, для четвертых – возможность получить технологии, и для всех – увеличение прибыли. За редким исключением все крупные мировые проекты – это коллективный интернациональный труд.

В России, с ее огромными ископаемыми богатствами и не столь внушительными технологическими достижениями, международные проекты можно считать отличным решением вопросов, связанных с нестандартными условиями освоения нефтегазовых месторождений. Но два года назад ситуация изменилась. Иностранные инвесторы ушли с российского рынка и бремя финансовой ответственности за реализацию крупных проектов легло на российские компании, которые лишились не только партнеров, но и доступа к технологиям, что поставило под вопрос реализацию одних проектов и отодвинуло на неопределенную перспективу ход развития других.

Формирование (или необходимое пополнение) собственного технологического фонда требует немалого времени, на этом фоне по-особенному привлекательным выглядит участие в международных проектах за рубежом.

В сфере топливно-энергетического комплекса крупные СП концентрируются в основном в области атомной энергетики. Так, в начале августа стало известно о намерении Индии и России создать СП для производства ядерного топлива. Сегодня страны работают над договором о поставках топлива и основных компонентов для новых энергоблоков крупнейшей в Индии АЭС «Куданкулам», являющейся флагманским российско-индийским проектом.



«Росатом» в настоящий момент занят сооружением тридцати девяти энергоблоков в десяти странах. К ним относится крупный проект строительства четырех блоков для турецкой АЭС «Аккую», большую часть оборудования и высокотехнологичной продукции на которую поставляют российские предприятия. В Венгрии российская госкорпорация строит АЭС «Пакш-2», в Бангладеш – АЭС «Руппур», в Китае – атомные станции «Сюйдапу» и «Тяньвань», в Египте – АЭС «Эль Дабаа». В сфере гидроэнергетики соглашения о совместной работе достигнуты между «РусГидро» и Южным Суданом. Российская компания реализует 35 проектов в 15 странах, охватывающих также атомную энергетику и отрасль СПГ.

Если в гидро и атомной энергетике в зарубежные проекты российская сторона вкладывается технологически, то в нефтегазаовой отрасли дело

обстоит иначе. Как правило, СП локализуются там, где ссебестоимость добычи ниже. В частности, баррель нефти на месторождениях Ирака стоимость варьируется в пределах двадцати долларов, в то время как в России может доходить до пятидесяти долларов. Сегодня одно из крупнейших месторождений страны, Бадра, разрабатывает российская «Газпром нефть» совместно с малайзийской, корейской и турецкой компаниями.

ЛУКОЙЛ вместе с итальянской Eni участвует в СПГ-проекте в Конго. Инвестиции в иностранные производства выглядят целесообразно, учитывая, что все российские проекты, связанные со сжиженным природным газом, попали под санкции. Однако эксперты советуют подождать и все-таки вкладыватья в отечественныые производства, аргументируя это тем, что отрасль СПГ первой выйдет из под

санкционных ограничений в случае улучшения геополитической конъюнктуры. Технологии, связанные со строительствогм производств по сжижению природного газа, традиционно заимствовались за рубежом, что ставило предпрятия в сильную зависимость от иностранного партнера. Так произошло, например, с комплексом в Усть-Луге, где после ухода основного поставщика оборудования, компании Linde, проект остановился. Однако «Газпрома» недавно объявил о новых поставщиках оборудования из числа отечественных производителей.

Для российских компаний целью создания совместных предприятий с иностранными было технологическое обеспечение проектов. Часто приходилось слышать, что вклад с российской стороны в тот или иной современный высокотехнологичный проект — это деньги и стройматериалы. Лишившись доступа к западным технологиям и не находя соответствующих аналогов у производителей в АТР, компании вынужденыобходиться силами отечественных разработчиков. Это касается не только реализации проектов внутри страны, но и совместных предприятий за рубежом.

Совместные проекты на территории другого государства не затрагивают санкции, они предоставляют доступ к инвестициям и ресурсам. Но главное, почти все они локализуются в странах технологически менее продвинутых, чем Россия, и российские компании идут в них как технологический партнер. Однако есть и другая сторона.

За лестным статусом «технологического партнера» стоит не наличие лучших технологий у России, а ограниченные финансовые возможности иностранных участников СП. Кроме того, приходя в тот же Ирак, где добыча в разы дешевле, чем, например, на месторождениях Сибири, российские компании утрачивают необходимость вкладываться в НИОКР, ведь и природные условия, и сам процесс добычи на Ближнем Востоке не требуют высокотехнологичных решений.





РАЗВЕДКА И ДОБЫЧА БЕЗ АУКЦИОНА

Анна Игнатьева

Президент РФ подписал закон, предоставляющий право пользования участками недр местного значения для разведки и добычи общераспространенных полезных ископаемых без проведения аукциона для строительства приоритетной трубопроводной инфраструктуры. Участки недр местного значения могут предоставляться в пользование без проведения аукционов субъектам естественной монополии в сфере транспортировки природного газа, нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам для разведки и добычи общераспространенных полезных ископаемых, необходимых для выполнения работ по строительству, реконструкции, капитальному ремонту магистральных газопроводов, нефтепроводов, нефтепродуктопроводов и их неотъемлемых технологических частей. Фактически речь идет о Газпроме и Транснефти.

При этом предлагаемый механизм будет распространяться не на все магистральные трубопроводы, а только на те, которые будут определены правительством РФ исходя из приоритетов реализации инфраструктурных проектов. Кроме того, устанавливаются основания для возникновения у субъектов естественной монополии права пользования указанными участками недр, сроки пользования и другие особенности использования недр в названных целях.

Согласно пояснительной записке к документу, закон имеет особую актуальность в качестве меры поддержки субъектов естественных монополий при строительстве магистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов и газопроводов в рамках осуществления оперативных действий для переориентации соответствующих поставок с Запада на Восток, на рынки дружественных стран.

Ранее безаукционный порядок на предоставление общераспространенных полезных ископаемых был введен для строительства автомобильных и железных дорог.

Рейтинги Neftegaz。RU

ЛУКОЙЛ предложил рассмотреть возможность применения инвестнадбавки к обратному акцизу на нефть. Минфин против предоставления льгот, но к окончательному решению еще не пришли

Надо ли предоставлять меры господдержки для новых крупных проектов модернизации НПЗ?

21%

Да, новые установки глубокой переработки увеличат производство нефтепродуктов

19%

Нет, в 2024 г. выплаты из бюджета по инвестнадбавке к обратному акцизу увеличились в 2,2 раза по сравнению с 2023 г.

15%

Да, учитывая ситуацию на топливном рынке, необходимо увеличивать производство бензина и дизтоплива, а без господдержки это экономически неэффективно

14%

Нет, это приведет к дополнительным расходам бюджета

19%

Да, важнее оптимизировать существующие НПЗ, чем строить новые, а для этого нужно новое оборудование

12%

Нет, крупные компании в состоянии реализовать проекты по модернизации без поддержки государства

В Санкт-Петербурге в 2024 г. будет выделено 36 млн руб. на строительство АГЗС. Расходы на эти проекты будут частично возмещены за счет субсидий из федерального бюджета

Будет ли востребована инфраструктура для перехода на газомоторное топливо?

27%

Да, переход на газ позволит улучшить экологическую ситуацию

12%

Нет, переводить машины на газ дорого

21%

Да, газ дешевле, чем бензин, а расход топлива одинаковый

17%

Нет, дизельные машины экономичны сами по себе, а при переводе их на газ могут возникнуть проблемы с холодным пуском мотора

23%

Да, в 2024 году на метан переведено 6,5 тысяч автомобилей

Нефтесервисный холдинг «ТАГРАС»



Bтулка TPS-TK ту 24.20.13-024-67740692-2022



Назначение

Защита от всех типов коррозии внутренних поверхностей зоны сварного шва и околошовной зоны стальных трубопроводов

Область применения

Низконапорные водоводы системы поддержания пластового давления (ППД), системы нефтесбора, промысловые, технологические нефтепроводы, водоводы, транспортирующие коррозионноактивные жидкости

Технические характеристики



Рабочее давление 40 атм



Диаметр 89-325 мм



Длина 160-240 мм



Температура эксплуатации до +125 °C

Преимущества

- 100 % защита соединений трубопровода от коррозии
- на 95 % сохраняет внутреннее сечение трубопровода
- невысокая стоимость владения трубопроводом минимальное изменение внутреннего сечения трубопровода не более 6 % позволяет беспрепятственно проводить очистку и диагностику трубопровода, снижает энергозатраты и аварийность (порывы) трубопровода
- скорость монтажа в 1,5 раза выше в сравнении с традиционными втулками
- не требует применения мастик, герметиков и дополнительных требований по сварке
- простота монтажа
- отсутствует зависимость от импортных компонентов



Гарантии изготовителя

Изготовитель гарантирует соответствие втулок требованиям технических условий при соблюдении условий транспортирования, хранения, погрузки, разгрузки, монтажа и эксплуатации. Гарантийный срок службы втулок 20 лет со дня установки в зону сварного соединения трубопровода.

РЕКЛАМА

8 ~ Neftegaz.RU [8] 8-800-250-79-39 tmcg@tmcg.ru www.tms.tagras.ru





Odhan prinka akyvir

Bordopsi npequerena Tazohbel hoienbe

Banyek nohoro npouzhovemba

Churhem Kamumaroh

Celeprosie nomok

Holssie rraba Pocnegmu

Yerbe na nelymb

Полный цикл

В г. Мончегорске Мурманской области планируется запустить производство сырья для литийионных батарей. Реализация проекта имеет важное значение с точки зрения локализации на территории РФ всей технологической цепочки по созданию элементов питания для различных отраслей промышленности, кроме того, на территории области планируется также начать производство лития на Колмозерском месторождении в Ловозерском районе, считающемся крупнейшим и наиболее перспективным российским месторождением. Запасы литиевых руд оцениваются в 75 млн т, что составляет 18,9% российских запасов. В настоящее время идет структурирование проекта с Росатомом и Норникелем. В администрации области рассчитывают на меры господдержки, дополнительные обсуждения этого вопроса будут проведены в правительстве РФ.

Транзитный коридор в Сибири

В Иркутской области завершено строительство ЛЭП 500 кВ Усть-Илимская ГЭС – Усть-Кут № 3 протяженностью 295 км. Проект

завода по сжижению газа

Правительство РФ снизило порог обязательной продажи валютной выручки экспортерами, полученной по внешнеторговым контрактам, с 60 до 40%. Как пояснило правительство РФ, решение принято с учетом стабилизации курса национальной валюты и достижения достаточного уровня валютной ликвидности

реализован в рамках второго этапа развития Восточного полигона. Стоимость работ 28,6 млрд руб. До ввода объекта в эксплуатацию ключевой питающий центр Восточной Сибири подстанция 500 кВ Усть-Кут получал электроэнергию от Усть-Илимской ГЭС по двум линиям электропередачи. Благодаря вводу третьей ЛЭП появилась возможность увеличения перетока мощности на 107% – до 1 502 МВт. Трасса новой ЛЭП проходит через Усть-Илимский и Усть-Кутский районы, пересекая 89 рек и ручьев, 19 автодорог, а также железную дорогу. Энергетики смонтировали 767 металлических решетчатых опор. Для подключения новой линии Россети расширили подстанцию Усть-Кут, установив на ней шунтирующий реактор 500 кВ мощностью 180 МВАр, реактивная мощность объекта увеличилась на 28%, до 824 МВАр.

Правительство Ганы запустило проект Petroleum **Ни** по строительству крупнейшего в **Африке** западных компаний. нефтеперерабатывающего комплекса стоимостью 60 млрд долл., включающий три НПЗ, пять нефтехимических заводов и нефтехранилище на 10 млн т. Проектная мощность 900 тыс.

барр. нефти в сутки. Также планируется строительство

Телеметрия для геофизики

Миасский завод в Челябинской области запускает новую линейку оборудования для ТЭК. Проект по изготовлению компонентов модульной телеметрической системы реализуют с помощью льготного займа Фонда развития промышленности области.

Общая сумма инвестиций 17,7 млн руб., из которых 10,9 млн руб. компания получит от ФРП на 3 года по ставке 1% годовых в рамках программы «Импортозамещение».

Телеметрические системы нефтесервисное оборудование, обеспечивающее процесс направленного бурения. Импульсом к его производству на заводе стал уход с российского рынка компаний большой нефтесервисной четверки.

Сегодня, по словам директора завода, полноценные комплексы телеметрического оборудования в мире производят лишь несколько

Расширение технопарка позволит наладить производство соединительных модулей телеметрических систем. Первые изделия планируется выпустить в первом квартале 2025 г.

Втораск ветка ВСТО

Богуканскай ГЭС затущена

Мекре на газ

Ореквий поток

Дошни руки до Арктики

Северневий поток достроими

Топливный демпфер и экспорт бензина

Вице-премьер РФ А. Новак дал ряд поручений профильным ведомствам. Так, Минфину и Минэнерго поручено обеспечить включение в налоговое законодательство положения об отмене правила одновременного обнуления демпфера по бензину и дизельному топливу в случае превышения установленных порогов отклонения от условных цен только по одному виду топлива. Также ведомствам предписывается внести положения о продолжении применения до 1 января 2033 г. инвестиционной надбавки к обратному акцизу на нефть и ее применении после начала 2027 г. при отсутствии введенных в эксплуатацию объектов основных средств, являющихся предметом инвестиционного соглашения. Минэнерго, Минфин и ФАС должны представить проект доклада с предложением и обоснованием введения временного запрета поставок бензина за рубеж с осени и проект соответствующего правительственного акта. Также А. Новак поручил ФАС, Минэнерго и СПбМТСБ представить предложения по стимулированию нефтяников к заключению между собой прямых договоров на поставку топлива по цене, сложившейся на бирже.

Kuwait Petroleum Corporation открыла огромное месторождение Al-Nukhida на шельфе Кувейта. По предварительным оценкам, объем запасов углеводородов в пласте Manageesh составляет около 2,1 млрд барр. нефти и 150 млрд м³ природного газа

Вторая линия Арктик СПГ-2 доставлена на п-в Гыдан

К береговой инфраструктуре месторождения Утреннее прибыл караван судов обеспечения, буксировавших вторую технологическую линию Арктик СПГ-2. Транспортировка второй линии началась 25 июля.

Протяженность маршрута, в т.ч. по СМП, составила более 1100 морских миль. Транспортировка заняла 22 дня. Длина второй линии 330 м, ширина – 150 м. С учетом того, что размеры совпадают с первой линией, можно предположить, что ее вес составляет 640 тыс т.

По плану проект завода Арктик СПГ-2 должен включать три технологические линии общей мощностью 19,8 млн т СПГ в год и 1,6 млн т стабильного газового конденсата в год, размещенных в акватории Обской губы на основаниях гравитационного типа.

Водородные технологии тестируют на Сахалине

В Сахалинской области начал свою работу натурный полигон для тестирования водородных технологий. На открытии была продемонстрирована работа заправочной станции, транспорта и БПЛА, работающих на водородных топливных элементах.

Водородный полигон является частью первого в России Восточного водородного кластера. Полигон базируется на территории Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения РАН.

На полигоне построена установка по производству зеленого водорода – электролизер мощность 5 м³ в час, мощность которого планируют нарастить до 30 м³ в час, система хранения водорода, заправочный комплекс для транспорта и солнечная электростанция, являющаяся одним из источников электроснабжения полигона. Полигон позволит апробировать оборудование для производства, хранения, транспортировки и использования водорода, проводить сертификацию и готовиться к серийному производству.

Британская ЕЕТ построит на территории своего НПЗ первую в Европе водородную ТЭЦ. Проектная мощность – 125 МВт при производстве 6 тыс. т пара в сутки. Новый энергообъект позволит сократить выбросы углекислого газа на 740 тыс. т в год. Строительство, как ожидается, завершится в 2027 г.

[8] Neftegaz.RU ~ 11 10 ~ Neftegaz.RU [8]



млрд руб.,

НОВАТЭК нарастил чистую прибыль по МСФО в первом полугодии 2024 года

Крупнейший в Африке НПЗ Dangote Oil Refinery в 2024 г. выйдет

от проектной мощности



газа закачали в украинские ПХГ,

к отопительному сезону необходимо накопить **13.2 млрд м**³

инвестиций РусГидро до 2028 года

превысил уровень заполненности ПХГ в ЕС

составил экспорт нефти ВСТО морем



газа закупит Молдовагаз у Energocom, согласно контракту

вложили недропользователи в геологоразведку

на территории Якутии за 2022—2024 гг.

увеличиться с 12 до 24 %

добыча газа в России в первом полугодии 2024 г., производство СПГ – на 4,7 %

импорт СПГ из России в первом полугодии 2024 г.

по сравнению с 2023 г.

нефтеналивных ходящих под флагами Габона, островов Кука и Панамы, попали под



планирует инвестировать Египет в бурение 500 скважин до 2030 г.

в сутки может ДОСТИГНУТЬ объем поставок российского газа в Иран

Испания запускает четыре новые программы

Ha **r**

для энергетического перехода

МЛН ТОНН

увеличил продажи бункерного топлива Сингапур в первой половине 2024 г.



долл. за барр.

упали дисконты на нефть сорта Urals в июле

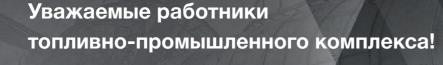
природного газа экспортирует Азербайджан в 2024 г.

инвестируют китайские и саудовские компании в производство солнечных панелей

нефти намерен поставить Казахстан в Германию по МНП «Дружба» в 2025 г.

МЛН выделил ЕБРР для укрепления энергобезопасности Украины

С ДНЕМ РАБОТНИКА НЕФТЯНОЙ, ГАЗОВОЙ И ТОПЛИВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ!



От имени Торгово-промышленной палаты Российской Федерации и от себя лично поздравляю вас с профессиональным праздником – Днем работников нефтяной и газовой промышленности!

В современных условиях перед российскими компаниями встают новые сложные вызовы. Отрасль проверяется на прочность, но демонстрирует свою устойчивость и высокий уровень социальной ответственности. Нефтегазовая отрасль стабильно улучшает показатели по всем направлениям – от геологоразведки и добычи до переработки углеводородов и освоения новых перспективных месторождений.

Развитию отрасли способствует внедрение инновационных технологий, разработанных российскими учеными. Сегодня Россия не только полностью обеспечивает собственные потребности в топливе, но и, несмотря на политические и макроэкономические вызовы, продолжает выполнять экспортные обязательства, гарантируя энергетическую стабильность и безопасность в мире.

Залогом эффективного развития нефтегазового комплекса является высокопрофессиональная и добросовестная работа его сотрудников, которые умело сочетают лучшие традиции отрасли и новаторский подход к делу.

От всей души желаю всем, кто связал свою жизнь с нефтегазовым комплексом, крепкого здоровья, мира, счастья и новых успехов в труде!

Президент Торгово-промышленной палаты Российской Федерации С.Н. Катырин







www.omk.i

Совершенство продуманных решений

С ДНЁМ НЕФТЯНИКА! СИЛЬНЕЕ С КАЖДЫМ ДНЕМ!



Уважаемые коллеги!

Поздравляю вас с Днем работников нефтяной, газовой и топливной промышленности! В этом году мы отмечаем важную дату: 300 лет назад в Санкт-Петербург было доставлено в 8 бутылях примерно 24 литра первой русской нефти из ключа на реке Ухта. Впоследствии царь Петр Первый издал Указ от 5 октября 1724 г. о начале работ на Ухте, которые со временем привели к созданию первого отечественного нефтепромысла.

Наш профессиональный праздник - это день памяти первопроходцев-нефтяников, кто трудом и упорством создавал нефтегазовый комплекс страны, и дань героизму и мужеству всех, кто сегодня находится на трудовой вахте!

Энергетика всегда являлась важнейшим двигателем прогресса, а в последние десятилетия стала одной из самых высокотехнологичных отраслей экономики России. Но вызовы сегодняшнего дня требуют от нас с вами еще больших усилий, оперативности и эффективности в каждом решении. На повестке новые задачи - модернизация, выход на инновационный путь. И эти задачи, благодаря огромному труду большого производственного и научного коллектива нефтяной, газовой и строительной отраслей ТЭК, успешно решаются. Мы гордимся тем, что российский нефтегаз - крупнейший в мире.

Желаю всем нам плодотворной и успешной работы, развития большого дела, начатого нашими учителями, коллегами, нашими отцами и дедами. Уверен, что общая нацеленность на высокий результат даст новый импульс развитию всей отрасли.

Особую благодарность в этот день позвольте выразить коллективу компании «НафтаГаз» и другим нефтегазосервисным компаниям за достойный и упорный труд.

Мира, счастья, добра и побед вам и вашим семьям!

С праздником!

Турал Керимов, председатель Совета директоров «НафтаГаз»





С ДНЕМ РАБОТНИКА НЕФТЯНОЙ, ГАЗОВОЙ И ТОПЛИВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ!



Уважаемые работники нефтяной, газовой и топливной промышленности!

От Санкт-Петербургского горного университета и от себя лично поздравляю вас с профессиональным праздником!

В канун Дня работника нефтяной и газовой промышленности хотелось бы обратить внимание на ключевые проблемы глобального и локального уровня. Углеводородные ресурсы сегодня важны не только для генерации энергии, но и как составная часть всего рынка потребления. Так в восьми из десяти товаров широкого потребления используется углерод, полученный из этого сырья.

Сегодняшняя глобальная дискуссия, связанная с изменением климата, ведется исключительно с позиции желания и не учитывает возможностей. Не учитываются экономические, а зачастую технологические возможности и тем более – эксплуатационные последствия. Прогресс в возобновляемых технологиях очевиден, это и взаимосвязанные технологии ветротурбин, и модульные ядерные реакторы в сочетании с солнечной и ветровой энергией, которые могут помочь в решении проблемы перебоев поставки электроэнергии на локальном уровне. Спрос на углеводороды, как сырье для нефтехимии и агрохимии, в ближайшие годы не только сохранится, но и увеличится.

Научный прогресс и углеводороды обеспечивают доступной едой, одеждой и энергией большую часть народов мира. При этом в отрасли существуют серьезные проблемы, они требуют незамедлительного решения: прирост запасов углеводородов, повышение эффективности извлечения, производительности труда, научный прогресс в комплексном геологическом изучении недр, изучение глубинного генезиса углеводородов и многие другие.

Одна из проблем, оказывающих влияние на развитие нефтегазового комплекса, – образование. Несмотря на расширение доступа к образованию, качество, практические навыки и опыт бакалавра и тем более магистра не соответствуют отраслевым требованиям. Горные инженеры для нефтяной и газовой отрасли, количество выпусков которых сократилось в 20–40 раз, практически являются «штучным товаром», и подготовка по направлению «Нефтегазовые технологии» началась только в 2023 году в рамках Пилотного проекта Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II. Подготовка специалистов по программе высшего инженерного образования не может быть обеспечена только в университете. Компании как «академические партнеры» университета должны участвовать в процессе подготовки настоящего горного инженера, организуя производственную технологическую и преддипломную практику под контролем «производственного наставника».

Подготовка настоящих горных инженеров для нефтегазовой отрасли – это совместная работа университета, компании и государства, шаг к возрождению и развитию любой компании, так как уровень инженерного образования – чрезвычайно мощный, медленно движущий фактор не только человеческого развития, но и развития производства.

Здоровья и удачи всем работникам высокотехнологичного нефтегазового сектора экономики!

Владимир Стефанович Литвиненко, ректор Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II

С ДНЕМ РАБОТНИКА НЕФТЯНОЙ, ГАЗОВОЙ И ТОПЛИВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ!



От всей души поздравляю всех причастных к профессиональному празднику – Дню работника нефтяной, газовой и топливной промышленности!

Безусловно, экономика нашей страны во многом базируется на добыче и реализации углеводородного сырья. Еще со времен Советского Союза большая часть нефти добывалась именно на территории России. Даже когда Советский Союз добывал 625 млн тонн, 580 млн тонн приходилось на российскую территорию. Именно поэтому этот праздник является важным событием не только для тех, кто с гордостью причисляет себя к славному отряду нефтяников и газовиков, но и для всей страны. Нефть обеспечивает нам стабильность и возможности для дальнейшего стремительного развития. И в этом заслуга всех тех людей, которые трудятся на промыслах Западной Сибири, Восточной Сибири, Республики Татарстан, Республики Башкортостан, Республики Коми, Самары, Перми.

Я считаю, что многие наши нефтяные компании работают очень достойно и устойчиво, исходя из той ситуации, которую мы имеем на сегодняшний день. Несмотря на санкционное давление, установленные потолки цен, благодаря нелегкому труду, мастерству и ответственному отношению к делу, специалистам отрасли удается создавать условия для модернизации и инновационных преобразований. Поэтому я уверен – нам есть чем гордиться!

Мы будем всегда благодарны нашим наставникам и учителям, всегда будем восхищаться знаниями и навыками, которые они нам передавали, их мужеством и смелостью.

С праздником Вас, дорогие друзья! Здоровья Вам, мира, благополучия и уверенности в завтрашнем дне! Профессиональных успехов и новых свершений!

Шмаль Генадий Иосифович, Президент Союза нефтегазопромышленников России

УРОВЕНЬ ЦИФРОВИЗАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РАСТЕТ, А ЗНАЧИТ, УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ПОВЕРХНОСТЬ АТАКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ АКТИВЫ. В РОССИИ В КАЖДОМ КВАРТАЛЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ПОЛТОРА ГОДА КАЖДЫЙ ШЕСТОЙ КОМПЬЮТЕР АСУ В ЭТОМ СЕКТОРЕ ХОТЯ БЫ ОДНАЖДЫ ВСТРЕТИЛСЯ С КИБЕРУГРОЗОЙ. ПОЧЕМУ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ СТАНОВЯТСЯ ОБЪЕКТОМ АТАКИ КИБЕРПРЕСТУПНИКОВ И КАК СНИЗИТЬ РИСК АТАКИ И МИНИМИЗИРОВАТЬ ПОСЛЕДСТВИЯ ИНЦИДЕНТА?

THE LEVEL OF DIGITALIZATION IN THE OIL AND GAS INDUSTRY IS GROWING, WHICH MEANS THE ATTACK SURFACE FOR ENTERPRISES AND THEIR ASSETS IS INCREASING. IN RUSSIA, EVERY SIXTH COMPUTER OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM IN THIS SECTOR HAS ENCOUNTERED A CYBER THREAT AT LEAST ONCE IN EVERY QUARTER OVER THE PAST YEAR AND A HALF. WHY DO OIL AND GAS INDUSTRY ENTERPRISES BECOME THE TARGET OF CYBERCRIMINAL ATTACKS AND HOW CAN THE RISK OF AN ATTACK BE REDUCED AND THE CONSEQUENCES OF AN INCIDENT MINIMIZED?

Ключевые слова: автоматизированная система управления, киберугроза, предприятия нефтегазовой отрасли, цифровые решения, программное обеспечение.

Инцидент кибербезопасности на нефтегазовом объекте может стать причиной не только сбоя бизнес-процессов. Крупный инцидент способен вызвать экономические последствия как внутри отрасли, так и за ее пределами. А в исключительных случаях – повлечь за собой аварию с ущербом окружающей среде.

Текущая ситуация в отрасли

Объективное наблюдение показывает, что различные типы киберугроз так или иначе добираются до систем автоматизации в отрасли – как минимум до значимой их

Насколько высока опасность для российских предприятий? По данным Kaspersky ICS CERT, на протяжении последних полутора лет показатель компьютеров АСУ нефтегазовой отрасли, встретившихся с киберугрозами, составлял каждый квартал от 16 до 18% – это угрозы, которые были остановлены продуктами «Лаборатории Касперского» и не стали причиной инцидента

части. Да, угрозы, которые мы посчитали, предотвращены. Обращения к вредоносному сайту заблокированы, запуск вредоносного ПО запрещен. Стоит ли нам беспокоиться по этому поводу? Эксперты считают, что стоит. Ведь очевидно, что

никакая защита не безупречна – рано или поздно она может дать осечку. Или атака окажется слишком технически сложной, или (что случается не в пример чаще) защита попросту будет выключена или некорректно настроена. Кроме того, пока мало какой объект

в отрасли может похвастаться защитой 100% всех своих систем — значительное их количество по разным причинам остается незащищенным в надежде на изоляцию и предотвращение атаки где-то на более ранних рубежах. Поскольку есть незащищенные системы, есть и незаблокированные угрозы. А значит, возможны и пропущенные атаки.

Эксперты знают, что защита надежна только тогда, когда она эшелонирована. На сегодняшний день это значит, что защищено все – и IT-, и ОТ-системы, и все каналы связи между ними, и сами системы при этом – имунны к атакам, и возможные последствия атак как можно более полно митигированы средствами противоаварийной защиты (ПАЗ), причем желательно вообще не имеющими при этом программной логики. Известны инциденты, в которых целью атаки были как раз средства ПАЗ, например, Triconex. И, конечно, весь персонал должен быть обучен, а все процессы на предприятиях - выстроены надлежащим образом, с учетом потребностей информационной

Очевидно, что пока это далеко не так. И совсем нескоро будет так. То есть риск успешной атаки и тяжелого киберинцидента сохраняется. И работа по защите предприятий отрасли еще предстоит большая. Что же мешает организациям отрасли строить такую эффективную защиту? Попробуем выделить ряд характерных отраслевых особенностей, которые усложняют эту задачу.

- Распределенная инфраструктура с производственными, офисными и ритейл-объектами, разбросанными по большой территории с логистикой по всей стране и за ее пределами. Это затрудняет обеспечение безопасности периметра, унификацию систем защиты, организацию централизованного мониторинга угроз и реагирования на инциденты. Не менее остро стоит проблема обеспечения квалифицированными кадрами всех территориальных структур организации, включая дочерние предприятия.
- Удаленное обслуживание обширной инфраструктуры сотрудниками и подрядчиками.

Невозможно гарантировать, что кто-то из них не будет скомпрометирован. Все привилегии подключения и действия таких пользователей сложно проконтролировать. А значит, есть риск утечки информации и компрометации

• Использование большого парка оборудования и ПО от различных вендоров. На буровых, объектах транспортной инфраструктуры и перерабатывающих предприятиях, как правило, применяется промышленное оборудование и ИТ-решения с длительным циклом использования и с незакрытыми известными уязвимостями, а также ПО, содержащее неизвестные простые уязвимости, для обнаружения и использования которых не требуется высокая квалификация и трудоемкие исследования.

его замены на альтернативное, нештатных его модификаций, изменения характеристик нефтегазоносного слоя и прочих условий добычи. Похожего рода изменения происходят и на объектах энергетики, питающих основное оборудование и инфраструктуру. В таких условиях целиком полагаться на системы противоаварийной защиты уже нельзя - критические сочетания значений параметров работы оборудования могут находиться в пределах проектно-допустимых. Хорошо подготовленная кибератака или неудачная череда негативных событий, спровоцированная случайным киберинцидентом, могут привести к аварийной ситуации.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Подобная ситуация может складываться и на объектах других типов. Многие из них при этом работают на пределах

Дооснащение предприятий средствами кибербезопасности – гораздо дешевле замены основного оборудования и средств противоаварийной защиты. Инвестиции в киберзащиту в этом смысле оказываются гораздо более эффективными, чем серьезная модернизация производственных активов

• Зависимость от продуктов иностранных вендоров, покинувших российский рынок, причем поставщики нередко оставляют бывших клиентов без данных аутентификации, документации и инструментария, необходимых для регулярного обслуживания систем. Поддерживать безопасность таких систем сложно. Альтернативные решения, в свою очередь, часто оказываются недостаточно зрелыми как с точки зрения основной функциональности, так и свойств информационной безопасности.

В то же время накопленные за период эксплуатации изменения и множество частных нерешенных проблем, имеющихся на большинстве объектов отрасли, могут иметь кумулятивный эффект, повышая риск тяжелых последствий кибератак:

 Допустимые параметры работы оборудования на объектах добычи и транспортировки могут сильно отличаться от проектных – ввиду износа основного оборудования, рентабельности и не готовы в ближайшее время инвестировать в масштабные модернизации с целью повышения отказоустойчивости и функциональной безопасности.

Ландшафт угроз

Ландшафт угроз для предприятий отрасли в России имеет свою специфику. В первую очередь, для организаций в России не так высок риск атак вымогателей, как в некоторых других странах. Это видно и по статистике предотвращенных заражений, и по публичной информации об инцидентах, да и по непубличной тоже (к сожалению, не можем здесь ее привести). А ведь атаки вымогателей – киберугроза номер 1 для промышленных предприятий во многих странах!

С точки зрения масштаба и тяжести последствий, таких как потеря контрактов, остановка производства или отгрузки продукции и возможный киберфизический урон, для предприятий сектора в России наиболее опасными мы считаем следующие типы нарушителей:

20 ~ Neftegaz.RU [8]

关

- Хактивисты хакеры, поддерживающие своими действиями какое-либо протестное движение с заявленной политической, экологической, социальной повесткой или действующие под любыми другими лозунгами. Они выбирают мишенью нефтегазовую отрасль, так как инциденты на предприятиях отрасли имеют хорошие шансы на широкое освещение в прессе и способны вызвать большой резонанс. Могут выполнять как политический заказ, так и работать по заказу нечестных конкурентов. Хактивисты, выбирающие мишенью объекты промышленной инфраструктуры, становятся все более «зубастыми», а их атаки – все более опасными: раз за разом они демонстрируют способность добираться до слабо защищенных систем АСУ, их атаки все чаще достигают цели и приводят к остановкам работы промышленных объектов.
- АРТ высококвалифицированные злоумышленники, действующие в интересах того или иного государства. Надолго закрепляются в инфраструктуре атакованной организации, используют присутствие для кражи конфиденциальной информации и продвижения в системы других организаций, включая государственные. Наибольший урон приносят их действия в поддержку нечестной конкуренции на международной арене. В результате утечки информации можно потерять как выгодный контракт, так и целый
- В условиях дестабилизации международных отношений APT способны к организации и проведению разрушительных атак, чему есть примеры, пока редкие.
- Инсайдеры на предприятии нефтегазовой отрасли трудятся тысячи людей, включая сотрудников и доверенных подрядчиков. Исключать возможность самостоятельных злонамеренных действий когото из них или сознательного вовлечения в операции двух предыдущих типов злоумышленников в текущих условиях никак нельзя.

Что касается векторов целевых атак, то к наиболее популярным нужно отнести целевой фишинг

и атаки на доступные из интернета системы и сервисы. Наиболее опасными с точки зрения сложности обнаружения, безусловно, остаются атаки через производителей используемых на предприятии продуктов и доверенных поставщиков услуг (Supply Chain и Trusted Partner). Сейчас они особенно актуальны для российских организаций из-за сложившейся внешнеполитической обстановки. Ситуация дополнительно усложняется разным уровнем зрелости в сфере информационной безопасности разработчиков продуктов, приходящих на смену ушедшим с рынка.

Опыт расследования инцидентов

Сегодня нефтегазовая промышленность в России, так же как и предприятия других промышленных секторов, сталкиваются с самыми разнообразными угрозами: от простого нецелевого фишинга и случайных заражений до многоходовых целевых атак через производителей используемых на предприятии продуктов и их компонентов, поставщиков услуг или партнеров.

- специалистов, отвечающих за обеспечение ИБ.
- 3. Несогласованность целей, интересов и действий службы ИБ и прочих подразделений, в том числе ответственных за настройку и эксплуатацию технологических систем.
- 4. Отсутствие четко описанной политики ИБ, распространяющейся как на ІТ-системы и сервисы, так и на системы технологической сети или неработающие механизмы автоматизации и контроля ее выполнения.

Эти недостатки становятся причиной тривиальных проблем с безопасностью, которые повсеместно встречаются в организациях, ставших жертвой успешной кибератаки, и облегчают успешную реализацию атак злоумышленникам. К таким проблемам относятся:

- Неумение сотрудников отличать фишинговые письма, подложные фишинговые страницы и подложные документы.
- Устаревшие прошивки пограничных сетевых устройств, уязвимости в доступных из интернета сервисах, необновленные операционные системы и прикладное

Опыт экспертов Kaspersky ICS CERT в расследовании инцидентов на промышленных предприятиях показывает, что первопричина успешных кибератак – низкий приоритет обеспечения киберзащиты среди задач, решаемых руководством

Опыт экспертов Kaspersky ICS СЕЯТ расследования инцидентов на промышленных предприятиях, в том числе и нефтегазовой отрасли, показывает, что первопричина успешных кибератак, затрагивающих также и системы технологической сети, почти всегда одна: обеспечение киберзащиты имеет низкий приоритет среди задач, решаемых руководством. Это ведет к недофинансированию ИБ и недостаточному вниманию к этой задаче у сотрудников.

Прямыми следствиями такой расстановки приоритетов на предприятиях являются:

- 1. Низкий уровень кибергигиены сотрудников и подрядчиков.
- 2. Недостаточный уровень квалификации и нехватка

- программное обеспечение на внутренних IT- и ОТ-системах.
- Плохо контролируемый доступ к интернету, неудовлетворительный контроль использования корпоративной электронной почты, переносных носителей информации.
- Неконтролируемые подключения подрядчиков и удаленно работающих сотрудников.
- Плохая парольная политика простые, редко меняющиеся пароли, одинаковые для разных учетных записей, используемые для доступа к различным системам, иногда даже на разных предприятиях. Неиспользование двухфакторной авторизации.
- Недостаточное разделение прав пользователей информационных систем. Необоснованно

РИСУНОК 1



частое использование привилегированных аккаунтов. Недостаточное разделение прав администраторов (назначение множества привилегий доступа к различным системам для одного аккаунта).

- Отсутствие или неправильная настройка антивирусного программного обеспечения.
- Плохой мониторинг работы защитных решений: при расследовании инцидентов эксперты «Лаборатории Касперского» часто отмечают, что в консоли защитных решений, используемых организацией, не заглядывали неделями и месяцами либо игнорировали обнаруженные события информационной безопасности.
- Использование решений и услуг для автоматизации производства и бизнес-процессов от производителей и поставщиков с низким уровнем ИБ-зрелости и «простыми» уязвимостями, для которых нет исправления.
- Недостаточная сегментация сети, отсутствие демилитаризированной зоны (DMZ) и необходимых средств фильтрации сетевого трафика.

Инциденты на нефтегазовых предприятиях в России и за рубежом

Чтобы проиллюстрировать описанное выше, предлагаем ознакомиться с подборкой инцидентов в нефтегазовой отрасли

за 2023–2024 гг. Из инцидентов, случившихся на зарубежных предприятиях, выбраны примеры с актуальными угрозами для российских организаций.

Большинство из упомянутых инцидентов общеизвестны. Два инцидента приведены из практики расследования инцидентов Kaspersky ICS CERT без упоминания названий пострадавших организаций.

Атаки хактивистов

Хактивисты используют для атак, как правило, уже известные и доступные в дарквебе методы и инструменты – как с отрытым исходным кодом, так и коммерческие. В ряде случаев способны обнаруживать и эксплуатировать не только известные уязвимости распространенных продуктов на системах атакованной организации, но и находить относительно несложные уязвимости нулевого дня (неизвестные разработчику уязвимого продукта и пока не имеющие исправления) в продуктах разработчиков с невысоким уровнем зрелости в сфере ИБ.

DDoS-атака на BAZAN Group, 2023

Последствия: недоступность сайта компании, возможная утечка данных Тип атаки: «отказ в обслуживании» (DDoS)

Нефтеперерабатывающая компания BAZAN Group пострадала от DDoS-атаки, в результате которой сайт группы в большинстве стран оказался недоступен. Ответственность взяла на себя группа хактивистов CyberAv3ngers. Они также опубликовали скриншоты корпоративной системы SCADA. Хактивисты дали понять, что проникли в системы завода через сетевой экран Check Point.

нефтедобывающим оборудованием (Россия), 2023 Последствия: хакеры получили доступ к управлению оборудованием на нефтяных скважинах; риски приостановки/ нарушения технологических процессов Тип атаки: компрометация удаленного аккаунта с

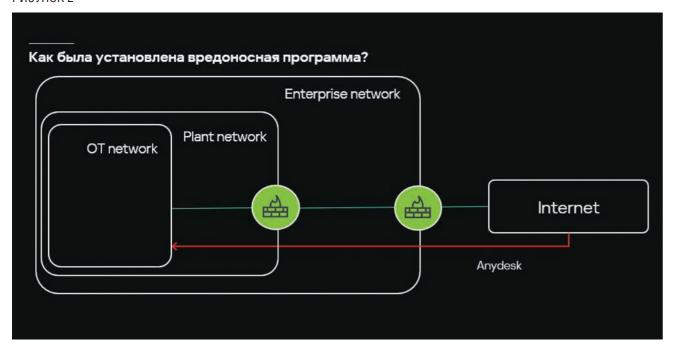
помощью SQL-инъекции

Атака на систему управления

Известная хакерская группировка опубликовала в своем Telegramканале сообщение об успешной атаке на производителя систем управления нефтяными скважинами. Сопоставив события со скриншотов злоумышленников и информацию в лог-файлах атакованных серверов, эксперты «Лаборатории Касперского» поняли, что злоумышленникам удалось получить доступ к вебинтерфейсу сервиса удаленного управления оборудованием (рис. 1) и изменить уставки оборудования, что привело к срабатыванию систем противоаварийной защиты.

В ходе исследования атакованных систем удалось обнаружить следы несанкционированной модификации информации в базе

РИСУНОК 2



данных сервиса, что говорило об использовании злоумышленниками уязвимости класса SQL-injection (некорректной проверки значений передаваемых параметров, позволяющей в данном случае через веб-интерфейс пользователя передать с параметром SQL-запрос, который выполнит СУБД). Экспертам удалось установить, что благодаря уязвимости злоумышленники сначала получили необходимые данные, а затем обошли аутентификацию, войдя в систему с правами администратора.

Атаки на АСУ ТП заправочных станций Ирана, 2023

Последствия: 70% заправочных станций Ирана временно прекратили работу Тип атаки: взлом АСУ ТП

Атака хактивистов ограничила возможности подачи топлива, что спровоцировало огромные очереди на заправках и пробки по всей стране. Ответственность взяла на себя группа хактивистов Gonjeshke Darande («Хищный воробей»).

Инсайдерская угроза. Атака через цепочку поставщиков

Атака на газопоршневую электростанцию, реализованная с помощью легитимно полученного удаленного доступа к SCADA (Россия), 2023

Последствия: перезапуск серверов и приостановка работы предприятия
Тип атаки: действия инсайдера на стороне доверенного поставщика

Это пример атаки, где инсайдер на стороне подрядчика, ставший хактивистом, попытался причинить ущерб своему клиенту.

Межсетевой экран нового

поколения (NGFW) детектировал на газопоршневой электростанции большой поток трафика, исходящего из сети АСУ ТП. Сотрудники предприятия обнаружили на серверах SCADA предприятия вредоносное ПО (рис. 2), представляющее собой bash-скрипты, которые использовались для DDoS-атак на правительственные сайты. Как выяснилось, сервера заразил украинский подрядчик, вводивший системы в эксплуатацию еще в 2019 году и сохранивший привилегированный доступ к информационной сети электростанции через Anydesk бесплатное средство для удаленного администрирования.

Необходимо было вылечить инфицированный сервер, но перезагрузка его была чревата неприятными для предприятия последствиями. У сотрудников предприятия не было пароля для привилегированной учетной записи. Они решили запросить

пароль у подрядчика, и через несколько минут его сотрудник подключился удаленно к SCADA и попробовал изменить уставки оборудования. Опасаясь возможных негативных последствий, сотрудники были вынуждены все-таки отключить сервер.

Оптимальная система защиты нефтегазового предприятия: каким должно быть решение?

Современное решение должно надежно защищать как корпоративную сеть, так и технологический сегмент предприятия. Оно должно митигировать наиболее значимые для предприятия риски кибербезопасности и надежно функционировать с учетом всех специфических для организации сложностей. В России оно также должно максимально помогать автоматизировать выполнение требований регулятора по киберзащите объекта и при этом соответствовать требованиям, предъявляемым к средствам защиты – ведь многие системы предприятия отрасли могут быть отнесены к критической информационной инфраструктуре (КИИ).

Своевременное обнаружение сложных многоходовых целевых

кибератак и эффективное противодействие им невозможно без централизованного мониторинга всей инфраструктуры – множества объектов, включающих как IT-, так и OT-системы.

Решение должно поддерживать устаревшее оборудование и ПО, исключая при этом возможность негативного влияния на системы технологической сети: не потреблять много вычислительных ресурсов, не использовать потенциально опасных для стабильности системы технологий и быть успешно протестировано на совместимость с АСУ.

В 2022 году «Лаборатория Касперского» представила Каspersky ОТ CyberSecurity – целый арсенал продуктов и сервисов, достаточный для построения эффективной защиты промышленных предприятий.

времени собирает и анализирует информацию о состоянии как промышленной, так и корпоративной инфраструктуры, – как от продуктов «Лаборатории Касперского», так и сторонних поставщиков, – и предупреждает о возможных киберинцидентах.

Kaspersky OT CyberSecurity содержит полный спектр специализированных решений «Лаборатории Касперского» для киберзащиты всех элементов промышленных инфраструктур и дополнительные инструменты, повышающие безопасность и эффективность технологических процессов:

- решение для обнаружения аномалий в работе технологического оборудования Kaspersky MLAD;
- систему защиты воздушного пространства от беспилотных

Kaspersky OT CyberSecurity – арсенал продуктов и сервисов, достаточный для построения эффективной защиты промышленных предприятий, отлично зарекомендовавший себя в различных секторах как в России, так и за рубежом

Решение отлично зарекомендовало себя в России и за рубежом в различных секторах. Оно успешно применяется на предприятиях нефтегазовой отрасли, в металлургии, энергетике (включая атомную), на горно-обогатительных, химических предприятиях, на объектах транспорта и логистики. В основе Kaspersky OT CyberSecurity – промышленная XDR-платформа Kaspersky Industrial CyberSecurity: ключевые компоненты в виде решения для защиты конечных узлов KICS for Nodes и ПО для анализа трафика промышленной сети KICS for Networks усилены технологией EDR. Последняя обеспечивает расширенное обнаружение инцидентов на рабочих станциях и серверах, централизованное и оперативное реагирование на угрозы, а также повышает эффективность расследований.

Другой важный компонент – SIEM-система Kaspersky Unified Monitoring and Analysis Platform. Именно она делает возможным отражение киберугроз на пересечении IT- и ОТ-сред. Для этого система в режиме реального

летательных аппаратов Kaspersky Antidrone;

- платформу для построения защищенных промышленных сетей Kaspersky SD-WAN;
- решения на базе кибериммунной операционной системы KasperskyOS: киберимунная инфраструктура тонких клиентов Kaspersky Thin Client и киберимунные шлюзы Kaspersky IoT Secure Gateway;
- широкий спектр услуг, включая услуги Threat Intelligence (аналитика угроз), MDR (управляемая защита от кибератак) и большое разнообразие специализированных тренингов как для экспертов по ИБ, так и для остальных сотрудников все они позволяют в разной форме получить доступ к уникальной экспертизе «Лаборатории Касперского» чтобы качественно улучшить защиту предприятия от сложных угроз.

KEYWORDS: automated control system, cyber threat, oil and gas industry enterprises, digital solutions, software.

ЕВГЕНИЙ ГОНЧАРОВ, руководитель Kaspersky ICS CERT

К Для предприятий нефтегазового сектора атака на автоматизированные системы управления может привести к тяжелым последствиям: остановить производство, повлиять на глобальную логистику и цепочку поставок и даже нанести вред здоровью людей и окружающей среде. Мы видим, что злоумышленники совершенствуют существующие тактики и техники проведения атак на промышленные предприятия. Человек, к сожалению, остается самым слабым звеном в киберзащите организации: как показывает опыт недавних инцидентов, сотрудники, сознательно или несознательно, нарушают требования по кибербезопасности и в результате, например, попадаются на фишинг, что становится началом компрометации всего предприятия.

Необходимо одновременно внедрять эшелонированную киберзащиту, применять современные продукты и технологии по защите промышленных систем и продолжать обучать сотрудников, повышая их уровень киберграмотности. Мы готовы предложить оптимальное сочетание многолетней экспертизы на стыке промышленной и корпоративной кибербезопасности, умения создавать передовые технологии, отмеченные не только наградами, но и выбором клиентов по всему миру, а также огромного опыта передачи знаний и обучения квалифицированных кадров во всех уголках земли.

Kaspersky OT CyberSecurity делает все это доступным российским промышленным предприятиям».

с использованием искусственного интеллекта

Шпуров Игорь Викторович

генеральный директор ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых», д.т.н.

Смирнов Александр Юрьевич

заместитель генерального директора ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых»

Токарев Дмитрий Владимирович

начальник отдела ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых»

Халин Артём Александрович

аспирант кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ДАНО ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСУ ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ КАК КЛЮЧЕВОМУ ПОКАЗАТЕЛЮ СОПОСТАВЛЕНИЯ ВИДОВ ЭНЕРГИИ, ПОСТАВЛЯЕМОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ. ПРЕДСТАВЛЕНО РЕШЕНИЕ ПО ОЦЕНКЕ ИНДЕКСА ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ И ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ, КОТОРЫЙ ПОЗВОЛЯЕТ ОЦЕНИТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ЧИСТОТУ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ. ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСЧЕТОВ ИНДЕКС МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ СОВМЕСТНО С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ БОЛЕЕ ТОЧНО ОЦЕНИТЬ УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА. АВТОРАМИ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ БОЛЬШИЕ ЯЗЫКОВЫЕ МОДЕЛИ И ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ВЕТВЛЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ НА УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД В РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦЕПОЧКАХ. ТАКОЙ ПОДХОД ПОЗВОЛЯЕТ БОЛЕЕ ТОЧНО АНАЛИЗИРОВАТЬ И СРАВНИВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

THE DEFINITION OF THE CLEAN ENERGY INDEX IS GIVEN AS A KEY INDICATOR FOR COMPARING THE TYPES OF ENERGY SUPPLIED FROM VARIOUS SOURCES. A SOLUTION IS PRESENTED TO EVALUATE THE CLEAN ENERGY INDEX USING A LARGE LANGUAGE MODEL AND DYNAMIC MODELING, WHICH ALLOWS YOU TO ASSESS THE ENVIRONMENTAL CLEANLINESS OF ENERGY PRODUCTION PROCESSES OBTAINED FROM VARIOUS SOURCES. TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF CALCULATIONS, THE INDEX CAN BE USED IN CONJUNCTION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE, WHICH ALLOWS FOR A MORE ACCURATE ASSESSMENT OF THE CARBON FOOTPRINT OF VARIOUS FUELS. THE AUTHORS USE LARGE LANGUAGE MODELS AND DYNAMIC MODELING TO DETERMINE THE BRANCHING FACTORS AND THE IMPACT ON THE CARBON FOOTPRINT IN VARIOUS PRODUCTION CHAINS. THIS APPROACH ALLOWS FOR MORE ACCURATE ANALYSIS AND COMPARISON OF VARIOUS ENERGY SOURCES IN TERMS OF CARBON FOOTPRINT AND EFFICIENCY OF THEIR USE

Ключевые слова: индекс чистой энергии, индекс эффективного использования топлива, оценка «зеленой» энергетики, экологическая чистота при производстве энергии, оценка углеродного следа, искусственный интеллект в энергетическом секторе, нейронные сети в энергетическом анализе, контроль выбросов парниковых газов, решения в области устойчивой энергетики, технологии использования возобновляемых источников энергии, влияние солнечной энергии, углеродный след природного газа, смягчение последствий изменения климата, сокращение загрязнения, усовершенствованные показатели энергопотребления.

Климатическая проблема

Известно, что повышение средней температуры Земли по сравнению с доиндустриальным уровнем следует удерживать значительно ниже 2°С к 2100 году, чтобы смягчить серьезные последствия изменения климата [3].

Отправной точкой к изменению ситуации с проблемой климатического преобразования и фокусированию внимания на этой проблеме послужил созыв в 80-х годах прошлого века Всемирной конференции по климату в Женеве, которая определила основные направления решений климатической повестки, направления развития различных источников энергии, включая возобновляемые (ВИЭ). Вместе с тем стратегическое планирование развития различных источников энергии требует объективного и достоверного подхода к их эффективности и объему климатических газов, выделяемых при производстве энергии из различных источников.

Индекс чистой энергии

Большим шагом к выработке оптимальной стратегии энергетической безопасности является введение объективных показателей оценки экологической чистоты процессов устойчивого производства энергии от геолого-разведочных работ до утилизации.

Российская Федерация активно участвует в разработке и реализации программ достижения Целей устойчивого развития, направленных на обеспечение населения недорогой и чистой энергией, позволяющей

поддерживать экологическое равновесие в районах ее добычи и потребления, создавая нормативно-правовую базу под формирование развития государства, а также разрабатывая «зеленые» технологии. Достижение поставленных целей может также осуществляться не только за счет перехода на экологически чистые виды энергии, таких как солнечная, ветровая и другие виды альтернативной энергетики, но и развивая традиционные технологии, основанные на использовании ископаемых источников, таких как нефть, газ, уголь (рисунок 1).

Исходя из этой необходимости и важности для разработки и реализации программ достижения Целей устойчивого развития одним из авторов данной статьи И. Шпуровым при обсуждении в постоянной группе по управлению ресурсами ЕЭК ООН предложен показатель индекса чистой энергии, созданный для оценки различных видов энергии, их «чистоты» и эффективности. Предложенное понятие было поддержано группой по управлению ресурсами ЕЭК ООН и включено в качестве одного из ключевых понятий в документ СУР ООН, определяющий рамочные правила устойчивого управления ресурсами для стран, входящих в ООН.

Суть понятия индекс чистой энергии (ИЧЭ) основана на оценке эффективности выработки энергии из различных источников, обеспечении контроля за выбросами парниковых газов, а также учета наложения этих факторов на экологические, географические, экономические и другие составляющие. Важной особенностью данного показателя является его

многофункциональность для различных продуктов и производств, куда включаются и традиционные, в т.ч. ископаемые, источники энергии, и «альтернативные» (солнечная, ветровая и иные виды источников энергии).

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Данный показатель включает в себя ряд характеристик, описывающих его зависимость от показателей объема утилизации парниковых газов ($CO_{2-\text{екв.}}$) и эффективной энергии, выработанной определенным видом топлива.

Также для удобства оценки и пересчета влияния выбросов парниковых газов применяется такое понятие, как $CO_{2-ekB.}$, которое, согласно Приказу Минприроды России от 30.06.2015 № 300 «Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте России 15.12.2015 № 40098), описывается как величина выбросов или поглощения иных парниковых газов, кроме СО2, в единицах СО2 эквивалента, тонн. В таблице 1 приведены значения потенциалов, которые были приняты на Конференции Сторон Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, ратифицированной Федеральным законом от 04.11.1994 № 34-ФЗ «О ратификации рамочной конвенции ООН об изменении климата».

Также вводятся следующие определения:

• *ИЧЭ* (индекс чистой энергии) – стоимость выработки 1 Дж

РИСУНОК 1. Структура источников энергии



ТАБЛИЦА 1. Значение потенциалов глобального потепления парниковых газов

Nº	Парниковый газ	Код вещества	Химическая формула	Потенциал глобального потепления (GWP)
1	Диоксид углерода	380	CO ₂	1
2	Метан	410	CH ₄	25
3	Закись азота	381	N ₂ O	298
4	Трифторметан (НFC-23)	966	CHF ₃	14 800
5	Перфторметан (РFC-14)	965	CF ₄	7390
6	Перфторэтан (PFC-116)	963	C ₂ F ₆	12 200
7	Гексафторид серы	369	SF ₆	22 800

(кДж) энергии, полученной с использованием конкретного вида топлива, с учетом его приведения к углеродной нейтральности. Выражается формулой 1.

- ИЭТ (индекс эффективности топлива) – индекс, учитывающий калорийность и себестоимость при сжигании 1кг топлива.
- Углеродная нейтральность это состояние чистых нулевых выбросов углекислого газа.

Стоит отметить, что чем меньше значение *ИЧЭ*, тем эффективнее процесс получения чистой энергии из соответствующего вида топлива или источника генерации.

В данной работе, помимо формулирования индексов ИЧЭ и ИЭТ, также предлагается следующая математическая зависимость его расчета:

$$NЧЭ_{(индекс чистой энергии)} =$$
 $= NЭТ_{(индекс эффективности топлива)} + (1)$
 $+ УИ_{(углеродный индекс)}$

В данном контексте формулы углеродный индекс – это показатель, отражающий цену утилизации объема углекислого газа при выработке 1 кДж чистой энергии. Важной особенностью определения данного показателя является факт корреляции с ценой, что позволит в более простой форме оценивать показатель эффективности. Также показатель является важным инструментом для оценки экологической стойкости производства и потребления товаров.

Показатели индекса эффективного топлива (2) и углеродный индекс (3) находятся по следующим отношениям:

ИЭТ (индекс эффективности топлива) =

$$=rac{\coprod_{T_{(ext{цена топлива для выработки 1кДж)}}}{V_{T_{(ext{объем топлива для выработки 1кДж)}}}$$
 (2)

$$YM_{(углеродный индекс)} = \frac{Uy\Gamma_{(цена утилизации V_{CO}, Для выработки 1кДж)}}{V_{y\Gamma}}$$
 (3)

где $V_{\rm yr}$ – объем углекислого газа, который выделяется при выработке 1 кДж энергии.

Итак, для определения ИЧЭ необходимо выполнить оценку всех затрат (до учета налогов и обязательных платежей), которые требуется понести при производстве того или иного вида энергии: от проведения геологоразведочных работ и добычи необходимых полезных ископаемых для производства энергии (нефть, газ, металлы, редкоземельные элементы и т.д.), а также цепочки производства, накопления, транспортировки, использования энергии, захоронения и (или) утилизации отходов, которые образуются при выработке того или иного вида

$$MЧЭ_{(индекс чистой энергии)} =$$
 $= C_{произ.} + C_{разв.} + C_{доб.} + C_{зах.} + (4)$
 $+ C_{утил.} + C_{тран.} + C_{хран.} \partial o n n / \kappa Д ж$

 $C_{произ.}$ – стоимость непосредственно производства энергии, включая капитальные вложения на производственные мощности для производства энергии, эксплуатационные затраты в ходе производства энергии, долл./кДж;

С_{разв.} – затраты на проведение разведочных работ по поиску источника энергии и материалов для элементной базы для производства, хранения и транспорта энергии, долл./кДж;

С_{доб.} – затраты на добычу материалов, составляющих элементную базу для производства, хранения и транспорта энергии, долл./кДж;

 $C_{3ax.}$ – стоимость улавливания, размещения выбросов парниковых газов (CO_2 и другие) при производстве энергии, долл./кДж;

С_{утил.} – затраты на утилизацию и захоронение отходов материалов элементной базы для производства энергии, долл./кДж;

С_{тран.} – стоимость транспорта энергии от точки производства до потребителя с учетом структуры потребления в промышленности, бытовой сфере (жилище, питание и т.д.) и транспорте (авто, авиа, железнодорожный, морской и др.), долл./кДж;

 $C_{\rm xpah.}$ – затраты на хранения энергии с учетом необходимой резервной мощности в долях от ее потребления, долл./кДж.

При этом необходимо закрепить на международном и (или) национальном уровне требования к допустимому количеству выбросов парниковых газов и контролю за реализацией данных требований, который и будет определять степень «чистой энергии».

Искусственный интеллект

Понятие индекса чистой энергии сложно вычислить из-за многочисленных зависимостей и факторов, влияющих на углеродный след различных многокомпонентных видов топлива и материалов производства, поскольку данный показатель учитывает множество стадий самого производства от изготовления продукта потребления до транспортировки к потребителю итоговой продукции. Чтобы решить неопределенность, которая связана с максимальным количеством компонентов, составляющих единую цепь, предлагается использовать большие языковые модели (БЯМ) и динамическое программирование, чтобы разбить проблему на более мелкие и более управляемые подзадачи.

Искусственный интеллект на современной стадии развития уже обладает способностью к обучению на основе данных, адаптации к изменяющимся условиям и принятию решений в реальном

РИСУНОК 2. Пример рекурсии и ветвление задачи с помощью больших языковых моделей



времени. Также он обладает возможностью взаимодействия со сложными и многокомпонентными задачами, позволяя выводить результаты на простом и ясном языке и выдавая полученные данные в удобном для пользователя формате.

Современные технологии искусственного интеллекта позволяют создавать системы с высокой степенью автономности и способностью к самообучению. Эти системы способны обрабатывать и анализировать сложные данные, принимать обоснованные решения. Они также обладают возможностью адаптироваться к изменяющимся условиям и постепенно улучшать свою производительность.

Из совокупности представленных методов для решения поставленной задачи были выбраны классический представитель нейронных сетей БЯМ, расширяющий возможности машинного обучения и понимания человеческого языка [4], и существующая уже более полувека технология динамического моделирования. Благодаря такому сочетанию машинного обучения и классического моделирования появилась возможность решить данную задачу.

Динамическое программирование не относится к процессу создания или модификации компьютерных программ или же созданию алгоритмов и структуры данных, а является методом, который способен разбить проблемы на контролируемые подзадачи (более простые) [5] с сохранением предыдущего решения, что позволяет избежать повторений и ошибочного результата.

Большие языковые модели же представляют из себя сложный комплекс, а именно: такая модель способна к обработке и генерации текста на естественном для человека языке, с возможностью расчета и принятия автономных решений. Эти модели обучаемы

на огромных объемах текстовых данных и используют методы глубокого обучения для изучения шаблонов и структур языка [1].

Использование Большой Языковой Модели и ее применение

В подходе, который будет изложен далее, вводится использование Большой Языковой Модели (БЯМ) в качестве важнейшего инструмента для выявления факторов ветвления в рамках задач и подзадач. Отличительной особенностью моделей на основе БЯМ, являются обширное информационное поле, которым обладают большие языковые модели, и способность обучения на огромных массивах информации, что и позволяет генерировать достоверные результаты, а также обучение на собственной информации и вложенной в нее пользователем, имитируя человеческий интеллект. БЯМ функционируют, используя передовые статистические модели и методы глубокого обучения для обработки и понимания огромных объемов текстовых данных [2].

Так, БЯМ обладают обширными знаниями о факторах, влияющих на углеродный след различных продуктов и услуг, что делает их неоценимыми в точном определении этих факторов и их градации по степени внесения вклада в общий углеродный след. По своей сути, БЯМ помогают определить, как эффективно разделить проблему на основе вложенных и установленных критериев и зависимостей, поставленных пользователем, определяя, как мы распределяем и оцениваем воздействия в каждой отрасли.

После того, как эти факторы ветвления установлены (рисунок 2), БЯМ также используется для определения соответствующего процентного воздействия для каждой ветви. Этот метод

обеспечивает систематическое и основанное на данных распределение воздействий, повышая точность расчета индекса чистой энергии.

Стоит также отметить тот факт, что рекурсия в данном подходе к динамическому программированию продолжается до тех пор, пока мы не достигнем того, что мы определяем как краевое условие. Базовым условием, заложенным в данную модель, было влияние подзадачи или ветви, которое должно составлять не более 1% от общей проблемы, поскольку, в этот момент вклад считается минимальным и дальнейшее деление прекращается. Такое решение было принято в связи с тем, что декомпозиция задач до уровня 1% не дает значительный вклад. Кроме того, с учетом погрешностей и допущений, это в дальнейшем приводит к существенной ошибке.

Соответственно, необходимо аппроксимировать задачу до степени ее релевантности в изучаемой области, без потери значимости. Инновационный подход, заложенный в данной статье, использует динамическое программирование для разложения этой сложной проблемы на более управляемые подзадачи.

Работа с Большой Языковой Моделью

Использование БЯМ для определения ключевых факторов ветвления в рамках проблемы углеродного следа происходит через обучение по общедоступным массивам данных, и далее через формулирование запросов и анализа полученных результатов. Факторы ветвления представляют собой различные аспекты или компоненты углеродного следа, которые требуют отдельного анализа и представления.

Стоит сказать, что расчет углеродного следа на джоуль для различных источников энергии включает определение количества выбросов углекислого газа (CO_2), произведенных на джоуль произведенной энергии. Это измерение помогает оценить воздействие различных источников энергии на окружающую среду, позволяя сравнивать их с точки зрения выбросов парниковых газов.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

РИСУНОК 3. Вклад различных производственных действий, вырабатывающих углекислый газ



Следовательно, шаги формирования результатов будут следующими:

- Определение источника энергии как ключевого фактора отсчета.
 К нему относятся: нефть, природный газ, уголь, атомная энергия, ВИЭ.
- Сбор данных о выбросах углекислого газа. Сюда входят выбросы от производства, транспортировки и использования. Получение таких данных связано с изучением экологических отчетов, государственных и иных форм исследовательской или общепринятой деятельности, а также информационных отчетов от крупных производств и промышленных отраслей.
- Определение общей энергии, полученной от изучаемого источника. На данном этапе происходит определение общего итогового обмена энергии каждого источника в джоулях или этапа производства и затраченной на нем энергии. Использованные данные получены из отчетов по энергетике и в управлениях

записывается объем общей выработки энергии. $V_{\rm col} = \frac{V_{\rm CO_2}}{}$

$$V_{\text{выб.}} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_{\text{9.}}}$$
 (5)

Таким образом, получение итоговых результатов происходит за счет формирования запросов в системе БЯМ. Так, например, определено, что при производстве 1 джоуля энергии необходимо примерно 8,33 микрограмма водорода.

Переходя к следующему этапу деления, рассчитываются общие выбросы CO_2 при производстве 8,33 микрограмма водорода. И уже на данном этапе мы можем запустить систему ветвления, суть которого была изложена ранее.

Главная цель градируется по уровням, которые были получены при формировании запросов. В данном случае, с учетом деления на подзадачи, было получено три уровня, представленных в процентном соотношении (рисунок 3), включая задачи и подзадачи, которые вносят вклад в углеродные выбросы.

Как только модель принимает свою итоговую форму, происходит отслеживание объемов углеродного следа, например, использующийся метод steam methane reforming (SMR) в производственных целях, а также железнодорожный транспорт, как представлено на рисунке 4.

После получения основных результатов искусственный интеллект используется повторно для получения ответов на следующие вопросы:

а. Общий объем выбросов углекислого газа в килограммах

РИСУНОК 4. Расчет на примере парниковой конверсии метана

• Расчет выбросов на джоуль.

результата. По формуле 5

происходит расчет общих

выбросов в джоулях, где

числителем является объем

На данном этапе осуществляется

расчету и получению конечного

переход уже к непосредственному

общих выбросов, а в знаменателе



 b. Общий объем выбросов углекислого газа в килограммах на метан для производства одного килограмма водорода до метода производства SMR.

reforming (SMR).

при очистке одного килограмма

водорода методом steam methane

- с. Общий объем выбросов углекислого газа в килограммах только при доставке метана. Один килограмм водорода перед методом производства SMR.
- d. Общий объем выбросов углекислого газа в килограммах в процессе парового реформинга, исключая транспортировку и поставки.

Единственное специальное условие, которое при этом задается ИИ, — выдавать ответы в простой форме, для облегчения восприятия и ясности демонстрации информации (полученных данных).

Полученные результаты корректно отображают ответы на поставленные вопросы, что позволяет произвести дальнейшие расчеты. В частности, при анализе ответов видно, что транспорт составляет еще 10% от общего вклада, которым необходимо дополнить выполненные вычисления. Таким образом получаем, что общий объем выбросов углекислого газа составит 16,5 кг CO_2 на 1 кг генерируемого водорода.

В результате окончательных расчетов по формуле 5 получаем, что 1 кг водорода производит энергию равную 120 048 019 джоулей, а объем выбросов CO₂ на джоуль будет равен 0,00137445 кг/Дж.

По такому же алгоритму были рассмотрены и иные виды энергии: природный газ и солнечная энергия.

Природный газ

Для расчета природного газа были применены идентичные методы выборки и ветвления, что и ранее описанные в статье. Основной вклад в выработку CO_2 для природного газа производит использование (40%) и производство данного вида топлива (35%).

При добыче природного газа основной вклад в генерацию CO₂ вносит его непосредственная добыча (40%) и геологотехнологические мероприятия, такие как бурение скважин (30%).

Итоговые расчеты показывают, что общий объем выбросов CO_2 на джоуль будет равен 0,00083636363 кг/Дж (0,8 г/Дж).

Солнечная энергия

Основной и самый крупный вклад в углеродный след вносит производство (90%) самих солнечных батарей, а также всего цикла производства другого оборудования, используемого в производственном цикле, ибо такое производство включает в себя большое количество материалов природного происхождение и редкоземельных металлов.

Расчеты показывают, что одинаковый вклад в углеродный след составляют добыча сырья (40%) и производство фотоэлектрических элементов (40%).

Однако стоит учитывать, как сказано ранее, как сам процесс производства энергии из различных видов топлива, так и жизненный цикл эксплуатации оборудования, в частности солнечной панели, который составляет 25 лет. Соответственно, следует вычислить и общую произведенную энергию за период рентабельной эксплуатации солнечной панели, что составит произведенную энергию за срок 25 лет равную 90 000 000 Дж, а также затраты на последующую утилизацию оборудования.

В общем, суммируя выбросы на каждом этапе и учитывая выработанную энергию при эксплуатации солнечной панели, получается результат общих выбросов равный 0,00002034444 кг/Дж.

Для окончательного расчета индекса чистой энергии необходимо будет также рассчитать и сопоставить стоимость полученной энергии по видам источников и затрат на утилизацию полученных климатических газов.

Заключение

Сформулированный индекс чистой энергии, представленный в данной статье, при его вводе в общее пользование позволит:

- Сформировать методику определения стратегии устойчивого развития на глобальном и региональных уровнях
- Оценить эффективность выработки чистой энергии того или иного вида топлива.

- Учесть накопленный опыт, системно оценить накопившиеся риски и угрозы, а также все факторы влияния технологических аспектов на социальные, экономические и экологические последствия от использования различных источников энергии.
- Провести анализ ситуации на рынке энергообеспечения, включая тенденции рынка с учетом регионального деления, разделения по видам источников, сырья, технологий, отраслей производства и даже отдельных компаний.
- Определить наиболее экономичный способ безопасного и устойчивого обеспечения населения энергией в среднесрочной и долгосрочной перспективе.
- Ветвление при помощи БЯМ способствует углубленному изучению проблемы на доступных сегодня человеку данных в различных масштабах (от малого производства до мировой оценки отраслей).
- Актуализировать данные при поступлении новых вводных, что для современного и динамически развивающегося мира и рынка, является жизненно важным условием при формировании долгосрочных перспектив развития.

Литература

- B.D. Lund, T. Wang, N.R. Mannuru, B. Nie, S. Shimray, and Z. Wang, "Chatgpt and a new academic reality: Artificial intelligence-written research papers and the ethics of the large language models in scholarly publishing," Journal of the Association for Information Science and Technology, vol. 74, no. 5, pp. 570-581, 2022
- I. Dergaa, K. Chamari, P. Zmijewski, and H. B. Saad, "From human writing to artificial intelligence generated text: examining the prospects and potential threats of chatgpt in academic writing," Biology of Sport, vol. 40, no. 2, pp. 615–622, 2023.
- 3. IPCC. Special report on carbon dioxide capture and storage. Cambridge: 2005.
- 4. J. Huang and K. C.-C. Chang, "Towards reasoning in large language models: A survey," arXiv preprint arXiv:2212 10403 2022
- 5. Бессмертный И.А. Системы искусственного интеллекта: учеб. Пособие для СПО / И.А. Бессмертный. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2018. 130 с.

KEYWORDS: Clean Energy Index, Efficient Fuel Index, Green Energy Assessment, Environmental Cleanliness in Energy Production, Carbon Footprint Evaluation, AI in Energy Sector, Neural Networks in Energy Analysis, Greenhouse Gas Emissions Control, Sustainable, Energy Solutions, Renewable Energy Technologies, Solar Energy Impact, Natural Gas Carbon, Footprint, Climate Change Mitigation, Pollution Reduction, Advanced Energy Metrics.





ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ КАРДИНАЛЬНО МЕНЯЕТ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССАМИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН. СТОИМОСТНОЙ ИНЖИНИРИНГ, ОСНОВАННЫЙ НА ДВУХСТОРОННЕЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ МЕЖДУ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИНЖЕНЕРНЫМИ И УПРАВЛЕНЧЕСКО-ФИНАНСОВЫМИ СИСТЕМАМИ, СТАНОВИТСЯ КЛЮЧЕВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ. В ЭТОМ КОНТЕКСТЕ ПРОЕКТ «ЦЕНТР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ТЕТRASOFT» ПРЕДЛАГАЕТ ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ

THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE OIL AND GAS INDUSTRY IS RADICALLY CHANGING THE APPROACH TO MANAGING WELL DRILLING PROCESSES. COST ENGINEERING, BASED ON TWO-WAY DATA SYNCHRONIZATION BETWEEN PRODUCTION-ENGINEERING AND MANAGEMENT-FINANCIAL SYSTEMS, IS BECOMING A KEY TOOL FOR INCREASING EFFICIENCY AND REDUCING COSTS. IN THIS CONTEXT, THE TETRASOFT DECISION CENTER PROJECT OFFERS INNOVATIVE SOLUTIONS FOR THE INTEGRATION AND OPTIMIZATION OF PROCESSES

Ключевые слова: цифровая трансформация, двухсторонняя синхронизация данных, снижение затрат, повышение эффективности, предприятия нефтегазового комплекса.

Свечников Денис Юрьевич

исполнительный директор 000 «ТетраСофт»

Основные цели и задачи

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

финансовых систем

Целью данного проекта является создание интегрированной системы управления бурением, которая позволяет синхронизировать данные в реальном времени между производственными и финансовыми системами. Основные задачи

- Повышение эффективности и безопасности буровых операций.
- Снижение операционных затрат и минимизация простоев.
- Улучшение качества и точности данных для принятия решений.
- Внедрение передовых технологий анализа и прогнозирования.

• Обеспечение совместимости и интеграции с существующими системами, включая 1С и систему управления данными.

Цифровые решения и их преимущества

Проект включает в себя несколько ключевых модулей, каждый из которых решает конкретные задачи в управлении бурением.

1. Модуль обработки и интерпретации данных

Модуль обеспечивает комплексный подход к обработке данных в процессе строительства и ремонта скважин. Внедрение стандарта WITSML 2.1 позволяет стандартизировать процесс передачи данных, повышая их точность и надежность. Инструменты мониторинга и аналитики данных в реальном времени позволяют

оперативно реагировать на изменения и принимать обоснованные решения.

2. Модуль мониторинга процессов бурения

Модуль представляет собой решение для мониторинга и управления процессами бурения в режиме реального времени. Трехсторонняя синхронизация данных с RS Reporting и Engineering RS Integration Adapter обеспечивает точную и актуальную информацию для принятия решений. Автоопределение операций и корреляция расчетных моделей с плановыми параметрами бурения позволяют точно планировать и управлять процессами.

3. Система оптимизации затрат

Система направлена на оптимизацию затрат на производственные процессы и улучшение качества работ. Внедрение цифрового

супервайзинга, системы учета отклонений план/факт, а также GPSтрекинга и оптимизации маршрутов позволяет повысить эффективность использования ресурсов и сократить затраты.

4. Модуль управления жизненным циклом оборудования

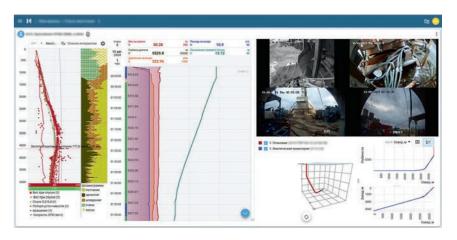
Модуль обеспечивает управление жизненным циклом оборудования, включая мониторинг состояния и работы оборудования в реальном времени, анализ стоимости жизненного цикла и оценку критичности оборудования. Это позволяет минимизировать производственные потери, связанные с отказами оборудования, и оптимизировать планирование запасных частей.

5. Модуль цифровые ресурсы

Модуль предназначен для управления и оптимизации цифровых ресурсов предприятия. Он обеспечивает централизованное управление данными и их структурой, что улучшает качество и доступность информации. Включает в себя функции мониторинга использования цифровых ресурсов, управления метаданными, а также автоматизации процессов обработки и анализа данных.

6. Модуль цифровая программа бурения

Модуль представляет собой интегрированное решение для планирования и управления процессами бурения. Этот модуль обеспечивает создание цифровых программ бурения, включающих детализированные планы, графики и алгоритмы оптимизации. DDP позволяет синхронизировать данные между инженерными и операционными подразделениями,



улучшая координацию и эффективность выполнения буровых работ. Программа также включает инструменты для моделирования и прогнозирования, что помогает минимизировать риски и оперативно реагировать на изменения в процессе бурения.

Интеграция и совместимость

Одной из ключевых задач проекта является обеспечение совместимости и интеграции с существующими системами. Внедрение стандартов, таких как WITSML 2.1, и доработка АРІ для обмена данными с внешними системами, включая 1С, обеспечивают гибкость и расширяемость системы. Интеграция с системой управления данными позволяет централизованно управлять данными и их структурой, улучшая качество и доступность информации, что позволяет поддерживать высокое качество и точность информации. Это особенно важно для анализа и прогнозирования, так как позволяет оперативно получать доступ к необходимым данным и принимать обоснованные решения.

Интеграция с 1С позволяет синхронизировать данные между производственными и финансовыми системами, обеспечивая точный учет затрат и доходов. Это помогает улучшить финансовое планирование и контроль за расходами, а также повысить прозрачность операций.

Преимущества внедрения

Эффективность внедрения данных решений можно оценить по нескольким ключевым показателям:

- Снижение затрат и повышение эффективности: Оптимизация процессов бурения и снижение простоев напрямую влияют на финансовые показатели компании.
- Улучшение качества данных: Точные и надежные данные позволяют принимать обоснованные решения и улучшать планирование.
- Повышение безопасности: Системы мониторинга и видеоаналитики снижают риски аварийных ситуаций и улучшают условия труда.
- Инновации и развитие: Использование современных технологий, таких как искусственный интеллект и большие данные, закладывает основу для будущих инноваций.

Заключение

Проект «Центр принятия решения TetraSoft» демонстрирует значительные преимущества стоимостного инжиниринга процессов бурения благодаря инновационным программным решениям и системам управления данными.

KEYWORDS: digital transformation, two-way data synchronization, cost reduction, efficiency improvement, oil and gas industry enterprises.



[8] Neftegaz.RU ~ 33 32 ~ Neftegaz.RU [8]

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА

по данным спектрального анализа на основе методов машинного обучения

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СИСТЕМ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ИССЛЕДОВАТЬ ВЕЩЕСТВА БЕЗ РАЗРУШЕНИЯ. ШИРОКО ПРИМЕНЯЮТ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. НАИБОЛЬШЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЛУЧИЛА КОЛЕБАТЕЛЬНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО ЗА СЧЕТ ВЫСОКОЙ ИНФОРМАТИВНОСТИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СПЕКТРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ. В ДАННОЙ СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНА ПО ДАННЫМ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА. ПОСТРОЕННЫЕ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ. ПРОВЕДЕН АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ СОКРАЩЕНИЯ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РЕШАЕМОЙ ЗАДАЧИ

OPTICAL METHODS OF HYDROCARBON SYSTEMS ANALYSIS. WHICH ALLOW TO STUDY SUBSTANCES WITHOUT DESTRUCTION, ARE WIDELY USED IN THE OIL AND GAS INDUSTRY. VIBRATIONAL SPECTROSCOPY IN THE INFRARED REGION IS THE MOST WIDESPREAD, PRIMARILY DUE TO THE HIGH INFORMATIVENESS OF VIBRATIONAL SPECTRA OF HYDROCARBONS. IN THIS PAPER WE CONSIDER MATHEMATICAL MODELS FOR PREDICTING THE OCTANE NUMBER OF PETROL FROM SPECTRAL ANALYSIS DATA, BUILT ON THE BASIS OF VARIOUS MACHINE LEARNING METHODS, AND ANALYZE THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS METHODS OF REDUCING THE FEATURE SPACE FOR THE PROBLEM TO BE SOLVED

Ключевые слова: октановое число бензина, инфракрасная спектрометрия, машинное обучение, сокращение признакового пространства, Lasso регрессия, метод опорных векторов.

Кочуева Ольга Николаевна

доцент кафедры прикладной математики и компьютерного моделирования РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к.т.н.

Новиков Евгений Анатольевич

генеральный директор 000 «СокТрейд Ко», к.х.н.

Сафиева Равиля Загидулловна

профессор кафедры физической и коллоидной химии РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д.т.н., профессор

Эйюбов Эмил Арифович

студент кафедры прикладной математики и компьютерного моделирования РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина

Неинвазивные по своей природе оптические методы исследования углеводородных систем широко применяют для мониторинга свойств газовых и жидких сред в нефтегазовой промышленности. Эти высокочувствительные методы удобны для организации процесса измерений, что важно как при проведении лабораторных анализов, так и для контроля технологических процессов. Наибольшее распространение получила колебательная спектроскопия в инфракрасном (ИК) диапазоне, прежде всего за счет высокой информативности колебательных спектров углеводородов и возможности соотнесения полос поглощения с характерными химическими связями соединений, входящих в состав бензина, в средней ИК-области. Для онлайнмониторинга предпочтительно применение методов ближней ИК-спектроскопии ввиду возможности передачи оптического сигнала без потери его интенсивности по оптоволокну на большие расстояния внутри предприятия.

За последние годы было опубликовано более 100 работ по предсказанию свойств различных топлив (бензинов и дизельных топлив) на основе спектральных данных с использованием методов хемометрики. Математические модели предложены для предсказания более 50 различных показателей на основании данных различных спектральных методов [1-3]. В числе предсказываемых свойств – вязкость, плотность, теплота сгорания, содержание влаги, серы и азота, температура вспышки, холодные свойства, фракционный состав и др. Многие из этих работ имеют лишь академический интерес, поскольку изученные моделируемые показатели относительно легко можно измерить напрямую. Наибольший интерес для

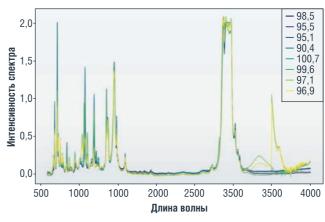
предсказания по данным косвенных методов имеют показатели, прямое измерение которых связано с высокими затратами времени и ресурсов. К таким показателям относятся октановое число бензинов (ОЧ) и цетановое число для дизельных топлив.

В данной статье рассматриваются возможности предсказания ОЧ для одного из наиболее изученных объектов хемометрического анализа в нефтяной практике НПЗ – бензина. ОЧ определяет детонационную стойкость бензина (именно ее величиной маркируют нефтепродукт на АЗС), при этом для определения ОЧ требуется больше всего ресурсов по сравнению с другими методами контроля эксплуатационных свойств нефтепродуктов. Интерес исследователей к поиску адекватных математических предсказательных моделей ОЧ не ослабевает [8, 14, 15]. Оценка значения ОЧ моторным методом проводится путем измерений на реальном моторном стендовом двигателе сравнением детонационных характеристик исследуемого образца бензина с эталонными топливами на основе эталонных смесей углеводородов: н-гептана и изооктана, или н-гептана, изооктана и толуола.

Набор используемых данных

Собранные данные включают в себя результаты спектрального анализа 512 образцов бензинов, для которых в результате лабораторных экспериментов были определены октановые числа. Примеры изменения интенсивности излучения в зависимости от длины волны для некоторых образцов бензинов из рассматриваемого набора данных приведены на рис. 1.

РИСУНОК 1. Прогнозирование октанового числа



Эксперименты были проведены в 10 различных лабораториях, частоты спектров варьировались от 600 по 4000 с шагом 0,5. Таким образом, для каждого образца бензина имеется спектр интенсивностей, соответствующих указанным длинам волн, включающий 6802 значения. Октановые числа бензинов в рассматриваемом наборе данных находятся в интервале от 90,4 до 102, при этом было только одно значение ниже 91,5; 120 значений в интервале от 91,5 до 92,5; 158 значений в интервале от 94,5 до 95,5; 22 значения в интервале от 97,5 до 98,5 и 62 значения превышают 98,5. Целью работы было разработать модель на основе методов машинного обучения для определения октанового числа по данным спектрального анализа.

Математическая постановка задачи

Для применения методов машинного обучения будем рассматривать результаты спектрального анализа для каждого образца бензина и его октановое число, определенное в лабораторных условиях, как обучающую выборку:

$$\mathbb{X} = \{(x_i, y_i)_{i=1}^n\} \in \mathbb{R}^{n \times m + 1},$$

где y_i – октановое число для i-го образца бензина, n – количество образцов бензинов в обучающей выборке, m – количество признаков, то есть длин волн в спектре, для которых определена интенсивность

 $x_i = \{x_{i1}, \ldots, x_{im}\} \in \mathbb{R}^m$ – набор значений интенсивностей длин волн (вектор размерности m).

Задача состоит в построении модели f(x), параметры которой подбираются по имеющейся обучающей выборке так, чтобы рассогласование между получаемыми расчетными значениями $y_{mod\ i} = f(x_i)$ и известными из лабораторных экспериментов значениями октановых чисел y_i было наименьшим. В качестве критерия, который определяет, насколько согласуются расчетные и известные значения целевой переменной (октанового числа в нашем случае), обычно используют среднеквадратическое отклонение:

$$L(f,X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (f(x_i) - y_i)^2 \to min$$
 (1)

Таким образом, «обученная» на собранных данных обучающей выборки модель по поданному на вход набору признаков x (интенсивности спектра) сможет предсказать значение октанового числа $y_{mod} = f(x)$ для любого образца бензина.

Способы сокращения числа признаков

Следует отметить, что данные имеют избыточно много признаков (6802) при том, что самих образцов всего 512. Это может привести к целому ряду проблем:

- Переобучение при использовании всех доступных признаков необходимо вводить большое число параметров модели, при этом для некоторых методов машинного обучения задача может оказаться некорректной (не иметь единственного решения) или же параметры будут вычислены так, чтобы максимально настроиться именно на данные обучающей выборки, при этом модель может потерять обобщающую способность, то есть на данных, не попавших в обучающую выборку, предсказанное значение не будет иметь желаемую точность.
- Проклятие размерности. С увеличением числа признаков пространство, в котором они существуют, становится разреженным. Это усложняет задачу поиска закономерностей между признаками и целевой переменной, так как для надежной оценки параметров требуется экспоненциально больше
- Высокая вычислительная сложность. Большое количество признаков требует больше ресурсов для обработки и анализа данных, что может значительно увеличить время обучения моделей и затраты на вычислительные ресурсы.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

В связи с этим возникает дополнительная задача о сокращении размерности признакового пространства [5, 10, 11, 16, 17]. Эта задача может решаться как с помощью отбора наиболее информативных признаков, так и путем формирования вторичных входных признаков, которые могут быть результатом различных комбинаций исходных признаков [9]. Оба этих подхода были опробованы в процессе работы над задачей.

LASSO-регрессия широко применяется для отбора признаков [12]. Изначально идея регуляризации (то есть контроля за величиной коэффициентов регрессии) возникла при преодолении проблемы мультиколлинеарности (наличие сильной линейной зависимости между некоторыми признаками) при построении классических моделей множественной линейной регрессии. При использовании LASSO-регрессии вводится дополнительный множитель λ , который отвечает за штраф при больших по модулю значениях коэффициентов регрессии:

$$L(f,X) = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - (\beta_0 + \sum_{j=1}^{m} \beta_j x_{ij}) \right)^2 + \lambda \sum_{j=0}^{m} |\beta_j| \right\} \to \min_{\beta}$$
 (2)

Особенностью данного метода является то, что в качестве входных данных модели могут быть включены линейно зависимые или незначимые признаки, при этом если k-й признак незначим, коэффициент β_k примет значение 0. При использовании LASSO-регрессии величина вычисленных коэффициентов будет пропорциональна важности соответствующих признаков в случае линейной (или монотонной) зависимости между признаком и целевой переменной. Для рассматриваемой задачи было определено лучшее значение параметра $\lambda=0,01$, при этом ненулевые значения коэффициентов получили 97 признаков (длин волн спектра).

В качестве метрики для сравнения качества моделей, полученных с помощью разных методов машинного обучения, будем использовать квадратный корень из среднеквадратического отклонения:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (f(x_i) - y_i)^2}$$
 (3)

Для полученной модели LASSO-регрессии RMSE = 0,84. Значение ошибки достаточно велико, поэтому мы не будем рассматривать этот метод в качестве модели для предсказания, а воспользуемся его результатами именно для сокращения набора исходных признаков и построим модели, используя другие алгоритмы машинного обучения.

Популярный алгоритм машинного обучения случайный лес (RF – Random Forest [4]) в процессе построения модели производит формирование ансамбля деревьев решений. При построении дерева решений в каждой вершине происходит разбиение множества всех значений выборки на два подмножества, для этого выбирается признак и его пороговое значение так, чтобы сумма среднеквадратичной ошибки для каждой части выборки в узлах, полученных после разбиения, была наименьшей:

$$\left(\frac{N_{left}}{N}\sum_{i=1}^{N_{left}} (y_i - \overline{y_{left}})^2 + \sum_{i=1}^{N_{right}} (y_i - \overline{y_{rght}})^2\right) \to \min, (4)$$

где N — число объектов в вершине верхнего уровня (родительской), N_{left} — число объектов в левой вершине (при значении признака меньше порогового), N_{right} — число объектов в правой вершине (при значении признака больше порогового).

Для любой вершины дерева S_k (и, соответственно, разбиения по признаку x_j) можно вычислить сокращение среднеквадратичной ошибки:

$$\Delta MSE(s_k, x_j) = \sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y})^2 - \left(\frac{N_{left}}{N} \sum_{i=1}^{N_{left}} (y_i - \overline{y_{left}})^2 + \sum_{i=1}^{N_{right}} (y_i - \overline{y_{rght}})^2\right),$$
(5)

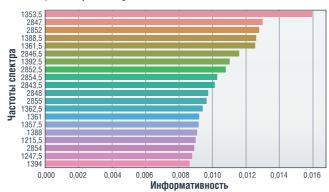
В процессе построения решающего дерева один и тот же признак может выбираться несколько раз, таким образом, информативность (важность) признака определяется тем, насколько при выборе этого признака сократилась среднеквадратичная ошибка:

Importance
$$(x_i) = \sum_{t=1}^{T} \sum_{n \in N_t} \Delta MSE(s_n, x_j),$$
 (6)

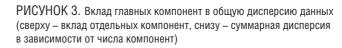
где T – число деревьев в случайном лесу, N_t – множество узлов в дереве t, которые используют признак хj для разделения.

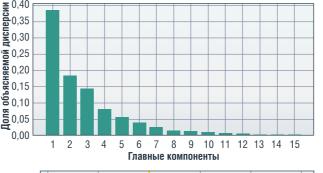
На рис. 2 показаны 20 наиболее информативных признаков, отобранных с помощью случайного леса. Всего для дальнейшего анализа было отобрано 153 признака. Преимуществом алгоритма случайного леса является то, что он успешно воспроизводит нелинейные зависимости и достаточно устойчив к переобучению.

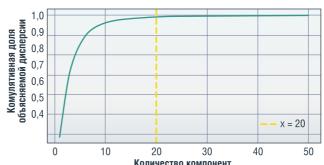
РИСУНОК 2. 20 наиболее информативных признаков, отобранных с помощью алгоритма случайного леса



Метод главных компонент – популярный способ понижения размерности данных. Он основан на вычислении собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы исходных данных и позволяет получить новые признаковые переменные в виде линейной комбинации исходных признаков так, чтобы новые переменные определяли ортогональные вектора, в направлении которых дисперсия данных будет максимальной. То есть можно построить отображение исходного признакового пространства в новое и взять меньшее число признаков (главных компонент), при этом сохранится максимум информации об объектах (будет отражено 95–99 % дисперсии всех данных). На рис. 3 показано, что для







исследуемого набора данных можно использовать 20 главных компонент (новых признаков), при этом они будет объяснять 99% дисперсии всех данных. Таким образом, был получен новый набор признаков, для которого можно построить модели с помощью различных алгоритмов машинного обучения.

В качестве альтернативы методу главных компонент в [13] был предложен метод, который более предпочтителен для работы с данными, имеющими нелинейные связи, t-SNE стохастическое вложение соседей с распределением Стьюдента — (t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding). Этот метод основан на расчете условных вероятностей сходства объектов в исходном пространстве, в результате t-SNE может быть получено распределение вероятностей в новом пространстве меньшей размерности, при этом объекты, которые были близки в исходном пространстве, имеют высокие вероятности быть близкими и в новом

РИСУНОК 4. Визуализация данных методом t-SNE



пространстве. То есть в случае успешного применения этого метода можно визуализировать многомерные данные в двух- и трехмерном пространстве, при этом будут выделены достаточно обособленные группы объектов. На рис. 4 показано полученное распределение для двухмерного пространства: каждая точка на плоскости — образец бензина, цветом показано октановое число, определенное для этого образца. Из рис. 4 видно, что некоторые группы достаточно четко выделены и цвет (значение октанового числа) внутри них стабилен, в то же время есть достаточно большие области, где октановые числа сильно отличаются. В процессе анализа были выбраны значения гиперпараметров метода: число компонент — 8, параметр перплексия — 10.

Сравнение моделей

В нашем исследовании были построены модели при использовании метода опорных векторов (SVM [6]), случайного леса (Random Forest, RF), метода kближайших соседей (KNN) и метода градиентного бустинга (GB). Для корректной оценки качества полученных моделей весь доступный объем данных необходимо разбить на три части – обучающую, валидационную и тестовую выборки. Валидационная выборка необходима для того, чтобы подобрать гиперпараметры для каждого метода. В таблице 1 приведены метрики моделей (RMSE), полученные для всех описанных выше способов сокращения признакового пространства для тестовой выборки. Из таблицы 1 следует, что метод опорных векторов показал наилучшие результаты для всех полученных вариантов сокращенного набора признаков. В качестве ядра для модели метода опорных векторов были использованы радиальные базисные функции. Среди рассмотренных методов отбора признаков для всех моделей лучшие результаты были получены после применения LASSO-регрессии.

ТАБЛИЦА 1. Метрики моделей для разных наборов признаков

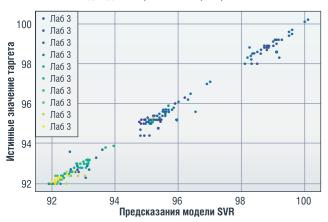
Способ отбора	Модель			
признаков	SVM	RF	GB	KNN
97 признаков (LASSO-регрессия)	0,405	0,619	0,512	0,711
153 признака (Random Forest)	0,450	0,664	0,659	0,737
20 главных компонент (PCA)	0,443	0,801	0,700	0,910
8 компонент (t-SNE)	2,649	2,819	2,855	2,958

Поскольку данные для работы были собраны из разных источников, возник вопрос о том, насколько они согласованы: хотелось исключить ситуацию, когда значения октанового числа, полученные в какой-либо лаборатории, имеют систематическую ошибку и резко отличаются от данных остальных лабораторий. Для этого был построен график, показанный на рис. 5, где значения, полученные в каждой лаборатории, показаны разным цветом. На графике сопоставлены реальные и вычисленные с помощью построенной модели октановые числа. Из графика видно, что точки хорошо

ПИФРОВИЗАЦИЯ

сгруппированы около диагонали (то есть расчетные и фактические значения хорошо согласуются между собой), для различных значений октанового числа разброс примерно одинаковый. Есть несколько отдельных замеров, отклоняющихся от линии, при этом в отклонениях нет преобладания одного цвета (данных одной лаборатории), поэтому можно считать результаты, полученные из разных лабораторий, достаточно согласованными.

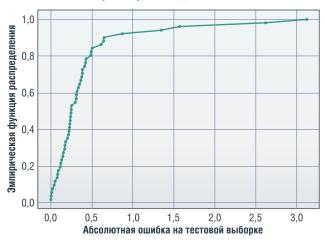
РИСУНОК 5. Сопоставление предсказанных и реальных значений октанового числа для данных разных лабораторий



Построенная на рис. 6 кривая регрессионных ошибок (REC-кривая [7]) показывает, что для 85% данных тестовой выборки абсолютная ошибка при определении октанового числа не превышает 0,5 и всего для четырех образцов бензина она превосходит 1.

При этом медианное значение ошибки составляет 0,25. Коэффициент детерминации модели, рассчитанный для всего объема данных, $R^2 = 0,94$.

РИСУНОК 6. REC-кривая лучшей модели



Заключение

В работе представлены результаты решения задачи построения модели на основе методов машинного обучения для определения октанового числа по данным спектрального анализа. Особенностью этой задачи является большое число признаков, поэтому рассмотрены различные способы сокращения признакового пространства. Среди методов

уменьшения размерности лучшие результаты были получены отбором признаков с помощью построения LASSO-регрессии и понижением размерности методом РСА. В нашем исследовании были построены модели при использовании метода опорных векторов, случайного леса, метода k ближайших соседей и метода градиентного бустинга. Наилучшие результаты были получены с помощью применения метода опорных векторов с ядром на основе радиальных базисных функций. Тестирование модели показало, что для 85% данных тестовой выборки абсолютная ошибка при определении октанового числа не превышает 0,5, коэффициент детерминации модели $R^2 = 0,94$. ●

Литература

- Baird Z.S., Oja V. Predicting fuel properties using chemometrics: a review and an extension to temperature dependent physical properties by using infrared spectroscopy to predict density / Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. – 2016 – № 158, P. 41–47. – doi:10.1016/j.chemolab.2016.08.004.
- Balabin, R.M. Gasoline classification by source and type based on near infrared (NIR) spectroscopy data / R.M. Balabin, R.Z. Safieva / Fuel. – 2008. – Vol. 87, № 7. – P. 1096–1101. – DOI 10.1016/i.fuel.2007.07.018.
- 3. Balabin, R.M. Gasoline classification using near infrared (NIR) spectroscopy data: Comparison of multivariate techniques / R.M. Balabin, R.Z. Safieva, E.I. Lomakina / Analytica Chimica Acta. 2010. Vol. 671, № 1–2. P. 27–35. DOI 10.1016/ j.aca.2010.05.013. EDN MXFGWL.
- 4. Breiman L. Random forests //Machine learning. $-2001. T.45. N_{\text{\tiny 2}}1. C.5-32.$
- Chen RC., Dewi, C., Huang, SW. et al. Selecting critical features for data classification based on machine learning methods. J Big Data 7, 52 (2020). https://doi. org/10.1186/s40537-020-00327-4.
- Cortes C., Vapnik, V. Support-vector networks / Machine Learning. 1995. № 20, P. 273–297, DOI: 10.1007/BF00994018.
- 7. Jinbo Bi, Bennett K.P. Regression Error Characteristic Curves / Proc. of the 20th Int. Conf. on Machine Learning (ICML-2003), Aug. 21–24, 2003, Washington, DC, USA. 2003. P. 43–50.
- Kelly J.J., Barlow C.H., Jinguji T.M., Callis J.B. Prediction of gasoline Octane Numbers from Near-Infrared Spectral Feature in the Range 660-1215 nm // Analytical Chemistry. – 1989. – V.61. Ne 4. P. 313–320.
- Kochueva O. N. Feature Selection for a Fuzzy Classification Model Based on a Genetic Algorithm / Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2022) = Distributed computer and communication networks: control, computation, communications (DCCN-2022): Материалы XXV Международной научной конференции, Москва, 26–30 сентября 2022 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2022. – Р. 168–175. – EDN PSBIGK.
- Ladha L., Deepa T. Feature selection methods and algorithms /International journal on computer science and engineering. – 2011. – V. 3. – № 5. – P. 1787–1797.
- 11. Sorzano C. O. S., Vargas A. Pascual Montano A survey of dimensionality reduction techniques / arXiv. 2014. 1403.2877, https://doi.org/10.48550/arXiv.1403.2877.
- 12. Tibshirani R. Regression shrinkage and selection via the lasso /Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological). 1996. V. 58, P. 267–288.
- 13. Van der Maaten L., Hinton G. Visualizing High Dimensional Data Using t-SNE / Journal of Machine Learning Research. 2008. V. 9, P. 2579–2605.
- 14. Об особенностях и эффективности применения абсорбционной оптической спектроскопии в контроле технологического процесса производства высокооктановых бензинов / Н.И. Егорова, И.О. Конюшенко, В.М. Немец [и др.] // Вестник Тюменского государственного университета. Физикоматематическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2018. Т. 4, № 2 С. 120 135. DOI 10.21684/2411-7978-2018-4-2-120-135. EDN USMWSY.
- Разработка и валидация многомерных моделей для определения октанового числа первичных эталонных топлив / Р.Г. Романова, Р.А. Кулиева, А.В. Семенов, Д.А. Мифтахутдинов / Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 64 – 67. – EDN GJXYFL.
- Киселева В.А. Отбор признаков в машинном обучении / В.А. Киселева, А.А. Кузин, П.Д. Шульпина / Телекоммуникации и информационные технологии. – 2023. – Т. 10, № 2. – С. 21 – 29. – EDN RQIDYJ.
- 17. Методика выбора входных признаков для алгоритмов машинного обучения / В.В. Тагунов, К.Я. Кудрявцев, А.И. Петрова, Т.И. Возненко / Вестник Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». 2022. Т. 11, № 1. С. 51 58. DOI 10.56304/S2304487X22010114.

KEYWORDS: petrol octane number, infrared spectrometry, machine learning, feature dimensionality reduction, Lasso regression, support vector machine.



ТНГ-Групп - один из лидеров на рынке нефтесервисных услуг

НАМ ОТКЛИКАЕТСЯ ЗЕМЛЯ

Основные направления деятельности

Геологоразведочные работы

- Полевая сейсморазведка 2D,3D/3C; 4D
- Сейсморазведочные работы в транзитных зонах 2D, 3D, 4D
- Морская сейсморазведка 2D,3D, 4D
- Скважинная сейсморазведка
- Полевые гравиразведочные работы
- Полевые магниторазведочные работы
- Полевые электроразведочные работы
- Геохимические исследования

Геология

- Обработка сейсмических данных и интерпретация
- Анализ геолого-геофизической информации
- Переинтерпретация
- Построение геологических моделей

Промыслово-геофизические работы

• Геофизические исследования в скважинах (ГИРС; MWD/LWD; ПВР; ГДИС; ГТИ)

Производство оборудования и аппаратуры

• Изготовление специализированного оборудования

География деятельности

Российская Федерация, ближнее и дальнее зарубежье

Компания готова проводить работы в любых климатических условиях и предоставлять материал для успешного освоения и эксплуатации нефтегазовых месторождений в оптимальные сроки







www.tng.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

ПОДСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

в потоке жидкости с использованием цифровых алгоритмов обработки видео



Антонов Сергей Вячеславович заведующий лабораторией Института нефтехимического синтеза им. А.В.



Аверина Юлия Михайловна заведующая кафедрой Российского химикотехнологического Университета им. Д.И. Менделеева, к.т.н.

Топчиева РАН, к.х.н.



Замрий Анатолий Владимирович генеральный директор Межотраслевого экспертноаналитического центра



Черных Сергей Петрович старший советник Межотраслевого экспертноаналитического центра



Анастасия Алексеевна старший аналитик Межотраслевого экспертноаналитического центра

Папушкина



Александрович аналитик Межотраслевого экспертноаналитического центра

Негробов Виктор



Зубарев Тимур Маратович аналитик Межотраслевого экспертноаналитического центра

В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОДСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ В ПОТОКЕ ЖИДКОСТИ. ОСВЕЩЕНЫ СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОДСЧЕТУ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОЗАПИСЯХ, НА ОСНОВЕ КОТОРЫХ БЫЛ РАЗРАБОТАН ПРЕДЛАГАЕМЫЙ СПОСОБ. ОПИСАНЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕДСТАВЛЕННОГО СПОСОБА ПОДСЧЕТА. ПОДРОБНО РАССМОТРЕНЫ СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ И ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, УСЛОВИЯ И СРЕДА ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ, ТЕКУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

THE ARTICLE CONSIDERS THE CREATION AND APPLICATION OF A TECHNIQUE FOR MECHANICAL PARTICLES AUTOMATED COUNTING IN A LIQUID FLOW. EXISTING SOLUTIONS FOR COUNTING OBJECTS IN VIDEO RECORDINGS UPON WHICH THE PROPOSED METHOD WAS DEVELOPED, ARE HIGHLIGHTED. THE THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF THE PRESENTED CALCULATION METHOD ARE DESCRIBED. THE METHOD OF APPLICATION AND INTERFACE OF THE SOFTWARE, THE CONDITIONS AND ENVIRONMENT OF ITS USE, CURRENT DIRECTIONS OF DEVELOPMENT AND PROSPECTS FOR USE ARE DISCUSSED IN DETAIL

Ключевые слова: компьютерное зрение, подсчет объектов, видеоаналитика, детектор, фильтрация.

Подсчет типовых объектов на видеоизображении представляет нетривиальную задачу, для которой уже разработан ряд решений.

Однако представленные подходы неприменимы для учета частиц в потоке жидкости, так как они предназначены для выполнения иных неаналогичных задач. В силу этих причин была разработана специальная методика и ПО, позволяющие произвести наиболее точный подсчет частиц в потоке.

Потребность в новом способе возникла в ходе проведения экспериментов с применением умных микроконтейнеров (УМК) — технологии, использующейся в ремонтно-изоляционных работах для устранения водопритоков в нефтяных скважинах и в качестве метода увеличения нефтеотдачи пласта (МУН) [14, 15]. Среда проведения эксперимента

представляет собой прозрачную трубу с установленной на ее стенку магнитом; поток воды внутри трубы, в который погружают УМК, создается подключенным к системе насосом.

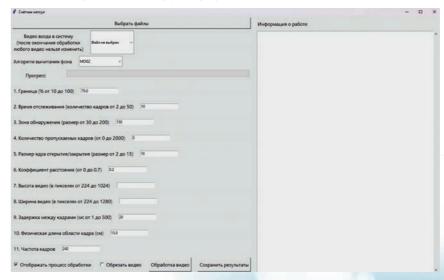
Суть изысканий состоит в определении количества проплывших и зафиксировавшихся на стенке трубы частиц (при разной мощности магнитного поля). Актуальность вопроса обеспечивается потребностью в предельно точном подсчете большого количества частиц, который невозможно обеспечить классическими способами.

Адаптивность способа обеспечивает вероятность его применения в различных производственных процессах нефтегазового комплекса при должной модернизации программного обеспечения.

ТАБЛИЦА 1. Главные компоненты методики

Объект	Описание		
Экспериментальная установка	Испытательный стенд для апробирования микрокапсул		
Камера замедленной съемки	Камера, выполняющая съемку с частотой 240 кадров в секунду, с разрешением 1280×720 пикселей		
Программа подсчета частиц	Программа с графическим интерфейсом, способная обнаруживать и отслеживать частицы, собирать информацию о них (рисунок 1)		
Объект	Описание		
Сводная статистика	Подсчет количества частиц, определение средней скорости частиц		

РИСУНОК 1. Графический интерфейс программы



Существующие методики

Принцип работы большинства существующих методов подсчета объектов возможно свести к трем этапам:

- Обнаружение объектов на кадрах видеопотока.
- Отслеживание объектов с целью сопоставления обнаружений разных кадров.
- Подсчет объектов, совершивших требуемое перемещение.

Для реализации первого шага возможно использовать как методы ИИ (искусственного интеллекта), так и классические методы цифровой обработки изображений и видео [1]. Примерами обнаружения объектов с помощью ИИ могут служить обнаружение объектов на фото [10] и отделение фона [9] для последующего



Следующим шагом после обнаружения объектов является их отслеживание, для реализации которого возможно использовать множество методов, примеры которых приведены в [1], кроме этого, существуют более современные алгоритмы отслеживания [5, 6]. В рамках данной работы были рассмотрены наиболее популярные методы – плотный оптический поток, KFC, SORT, DeepSORT.

Стоит отметить, что существуют приложения, предназначенные для анализа видео, способные подсчитывать количество объектов на видео [2, 13].

Задачи обнаружения и отслеживания не были решены в общем виде, поэтому каждый из методов предназначен для решения определенной задачи и имеет свои преимущества и недостатки. Вследствие вышеперечисленных фактов, для решения задачи подсчета частиц требуется выбрать методы, преимущества

остатки которых будут

и недостатки которых будут оптимальны при решении экспериментальной задачи.

А именно, из-за отсутствия размеченных данных необходимо использовать методы, не требующие обучения с учителем. Также проблемой является то, что на видео частицы представляют из себя темные объекты без определенной формы, поэтому использование алгоритмов нахождения точек интереса будет затруднительно. Обнаружение при помощи сегментации по одному кадру невозможно, так как задний план может содержать любые объекты и не являться однородным. В результате оптимальным является алгоритм вычитания фона. При этом стоит учесть, что для его корректной работы необходимо обеспечить постоянное освещение и неподвижность камеры, что возможно во время экспериментов.

Вычитание фона может позволить стабильно обнаруживать частицы, поэтому алгоритм отслеживания необходим только для задачи связи обнаружений частиц между кадрами и нет необходимости использовать сложные алгоритмы плотного оптического потока и КСГ. Алгоритм SORT, основанный на фильтре Калмана может выполнить эту задачу, но движущие частицы могут перекрывать друг друга во время движения, в этом случае информация о них будет потеряна. Так что следует использовать алгоритм DeepSORT, который будет продолжать работу некоторое время, даже в случае если частица не обнаружена в кадре. Одной из особенностей алгоритма является возможность присвоения ранее полученного идентификационного номера объекту, который повторно обнаружен в кадре. Конечно, качественно выполнить данную задачу невозможно, так как внешний вид частиц является схожим, но этот недостаток не является критическим.

Принцип/теоретическое описание предлагаемого метода

Для обнаружения объектов на видео используется алгоритм разделения модели гауссовой смеси [11, 12], перед которым применяется гауссовское сглаживание. Далее с целью отсеивания теней и шумов,

РИСУНОК 2. Карта сегментации переднего плана после применения алгоритма вычитания фона



РИСУНОК 3. Карта сегментации переднего плана после применения всех предложенных преобразований



закрытия небольших отверстий в маске переднего плана выполняется пороговая обработка (1), за которой следуют операции морфологического открытия (2) и закрытия (3). Затем выполняется операция преобразования дистанции и пороговая обработка (1) с пороговым значением, равным максимальному значению карты преобразования дистанции, умноженной на коэффициент $k \in [0; 0,7]$. Под операцией преобразования дистанции понимается вычисление расстояния между каждым ненулевым пикселем и ближайшим нулевым. Последнее преобразование необходимо для разделения частиц, если они находятся близко друг к другу и на карте сегментации выделяются как

$$R_{i,j} = \begin{cases} 0, \text{если } I_{i,j} < T \\ 255, \text{иначе} \end{cases}$$
 (1

где $R_{i,j}$ – значение пикселя с координатами i,j после преобразования;

 $I_{i,j}$ — значение пикселя с координатами i,j в исходном изображении;

T — пороговое значение.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \tag{2}$$

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \tag{3}$$

где $A \oplus B = \{z : B_z \cap X \neq \emptyset\}$ – операция морфологической дилатации;

 $A \ominus B = \{z : B_z \subseteq A\}$ – операция морфологической эрозии;

A – бинарное изображение;

B – структурный элемент.

Пример вычитания фона – карта переднего плана – представлен на рисунке 2.

После всех вышеперечисленных преобразований маска переднего плана изображена на рисунке 3.

По полученной в результате преобразований карте сегментации определяются ограничивающие прямоугольники частиц. Ограничивающие прямоугольники обрабатываются алгоритмом DeepSORT для отслеживания движения частиц и сбора сводной статистики.

Для реализации программы был выбран язык программирования Руthon. Процессы обнаружения частиц и обработки видео выполнялись с использованием функций библиотеки OpenCv-python [7], создание графического интерфейса выполнялось с помощью Tkinter [8]. Алгоритм отслеживания DeepSORT был взят из библиотеки deep-sort-realtime [3].

Преимуществом программы, использующей вышеописанные методы, выполняющей показ видео и маски сегментации является скорость работы. На ЭВМ, оснащенной центральным процессором Intel Core i5-1135G7, видеокартой NVIDIA GeForce MX350 и 8 гигабайтами оперативной памяти, обработка происходит со скоростью 15 кадров в секунду. При этом скорость работы можно увеличить без значительной потери качества уменьшением разрешения или кадрированием видео (оставив нужный фрагмент кадров).

Также преимуществом является возможность использовать любые расположения камеры, так как алгоритм вычитания фона позволяет обнаруживать только движущиеся объекты, игнорируя остальную информацию из видео.

Стоит отметить, что вышеописанные методы не являются идеальными и во время работы программы могут возникать проблемы. Пузырьки воздуха, которые могут появляться в системе, обнаруживаются как частицы. При резком изменении освещения или движении камеры может происходить обнаружение частиц, которых в действительности не существует. Также при появлении в кадре частиц, расположенных близко друг к другу, алгоритм обнаружения может распознать их как один объект. Еще одним недостатком является

Применение метода

сливаются.

невозможность качественно

распознать частицы на темном

фоне из-за того, что они с ним

В исследованиях планируется использовать несколько камер для определения количества частиц, поступивших на вход системы, и количества частиц на выходе/ выходах системы. Реализация экспериментов, проводимых с целью определения качества работы программы, проводилась в режиме подсчета частиц по одному видео. Описание установки приведено в таблице 1. С целью уменьшения количества ложных срабатываний, которые могут происходить из-за изменения естественного освещения на заднем плане, использовалась обрезка видео, поддерживаемая приложением. Контроль качества работы производился с помощью изучения визуализированных граничных рамок обнаружения и отслеживания (рисунок 4), карты сегментации (рисунок 5). На видео

частицы могут быть как четкими, так и иметь вид смазанного черного пятна.

Выводы

В результате была разработана программа с графическим интерфейсом, способная вести подсчет частиц и рассчитывать их скорость в потоке жидкости на основании видео эксперимента, что позволит значительно ускорить проведение экспериментов.

В дальнейшем планируется проведение сбора дополнительной статистической информации и улучшение графического интерфейса приложения для большего удобства пользователей. Предложенная в работе методика является достаточно эффективной, но, несмотря на это, в будущем ее также можно модифицировать. Одним из направлений развития можно считать внедрение искусственных нейронных сетей, выполняющих обнаружение движущихся частиц. Предложенная модификация может позволить снизить требования к записываемым видео, что также может помочь облегчить проведение эксперимента. Алгоритмы, описанные в данной работе, можно использовать для разметки набора данных, который необходим для обучений искусственной нейронной сети. Еще одним направлением развития можно считать улучшение алгоритмов вычитания фона, обработки карт сегментации и отслеживания. Данные изменения могут помочь в минимизации недостатков, существующих на данный момент.

гибкостью, что позволяет рассматривать возможность ее использования в разнообразных производственных процессах нефтегазовой отрасли, при

Литература

 Alper Yilmaz, Omar Javed, Mubarak Shah Object Tracking: A Survey [Журнал]. – [6.м.]: ACM Computing Surveys, 2006 г. – 4: Т. 38.

условии внесения необходимых

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Программа обладает достаточной

- Automated counting from video [В Интернете] //
 COUNT THINGS официальный сайт. 2 февраля
 2024 г. https://countthings.com/countfromvideo.
- deep-sort-realrime [В Интернете] // РуРІ. 10 января 2024 г. – https://pypi.org/project/deepsort-realtime/.
- 4. Dorin Comaniciu Peter Meer Mean Shift: A Robust Approach Towart Feature Space Analysis [Журнал]. – [б.м.]: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002 г. – 5: T. 24.
- 5. Luca Bertinetto, Jack Valmadre, João F. Henriques, Andrea Vedaldi, Philip H. S. Torr Fully-Convolutional Siamese Networks [Конференция] // European Conference on Computer Vision. – [б.м.]: IEEE, 2016
- 6. Nicolai Wojke, Alex Bewley, Dietrich Paulus Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric [Конференция] // 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). — [6.м.]: IEEE, 2017.
- 7. Open Computer Vision Library [В Интернете] // OpenCV. 3 января 2024 г. https://opencv.org/.
- Python interface to Tcl/Tk [В Интернете] // Python. – 24 января 2024 г. – https://docs.python. org/3/library/tkinter.html.
- 9. SCHOFIELD A.J., STONHAM T.J., MEHTA P.A. AUTOMATED PEOPLE COUNTING TO AID LIFT CONTROL [Журнал]. – [б.м.]: AUTOMATION IN CONSTRUCTION, 1997 г. – Т. б.
- 10. Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, Alexander C. Berg SSD: Single Shot MultiBox Detector [Журнал]. — [б.м.]: European Conference on Computer Vision, 30 марта 2016 г.
- Zivkovic Zoran Pattern Recognition [Конференция] // Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Subtraction. – 2004. – Т. 2.
- 12. Zoran Zivkovic, Ferdinand van der Heijden Efficient adaptive density estimation per image pixel2006 [Журнал]. – [б.м.]: Pattern Recognition Letters, 2006 г. – 27
- Бесплатная программа для видеонаблюдения
 [В Интернете] // Хеота офицальный сайт. –
 2 февраля 2024 г. https://felenasoft.com/ xeoma/ru/
- 14. Дмитриевский А.Н., Максимов А.Л., Антонов С.В., Нургалиев Д.К., Еремин Н.А., Замрий А.В., Дарищев В.И., Варфоломеев М.А., Безруков Н.П., Алиева Л.А., Чурина А.А., Ахметзянов И.И., Бахмутов А.В. Умные микроконтейнеры для повышения эффективности физико-химических МУН [Журнал]. Москва: Межотраслевой бюллетень МЭАЦ СНГПР, 2023 г.
- Замрий А.В., Викторова Н.В. Умные микроконтейнеры [Журнал]. – Москва: МЭАЦ СНГПР, 2019 г.

KEYWORDS: computer vision, object counting, video analytics, detector, filtering.

РИСУНОК 4. Визуализация обнаружения (зеленая рамка) и отслеживания (синяя рамка) частиц



РИСУНОК 5. Карта сегментации объектов переднего плана



Кибербезопасность полного цикла



Kaspersky OT CyberSecurity для промышленной кибербезопасности. Защита каждого элемента инфраструктуры: от оборудования и АСУ ТП до информационных систем



«Лаборатория Касперского» обеспечивает кибербезопасность нефтегазовой индустрии

1 + лет в отрасли

предприятий в России и других страна под защитой

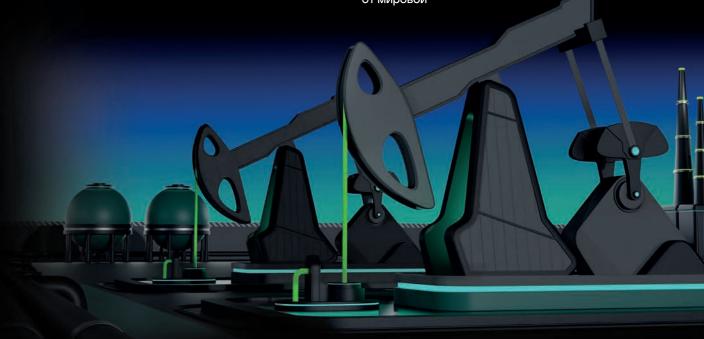
138

Работаем с

компаниями из глобальног списка ТОП-5 по выручке

Защищаем компании с суммарной добычей

й 12% от мировой



Почему нефтегазовая отрасль выбирает «Лабораторию Касперского»

- Глубокая экспертиза в специфике угроз.
- Построение системы информационной безопасности с учетом передовых технологий, актуальных международных и национальных стандартов и лучших практик.
- Помогаем закрыть до 100 % требований регуляторов в сфере ИБ и выполняем аудит инфраструктуры.
- Проводим мероприятия по уменьшению ИБ-рисков и консультируем по вопросам разработки комплексной риск-ориентированной стратегии и архитектуры ИБ.

- Решения протестированы на совместимость с продуктами крупнейших вендоров промышленной автоматизации и IIoT платформ.
- Превосходство технологий и продуктов подтверждается первыми местами в сравнительных тестах международных исследовательских компаний и выбором клиентов по всему миру.
- Обеспечиваем защиту устаревших, неподдерживаемых и изолированных программно-технических комплексов с минимальными ресурсами и без помех для их нормальной работы.



ILSKY OIL REFINERY, CONTINUING ITS STEADY DEVELOPMENT, HAS BECOME ONE OF THE KEY ENTERPRISES IN THE KRASNODAR REGION. IN THE FIRST HALF OF THIS YEAR, PRODUCTION VOLUMES OF KEY PRODUCT ITEMS REACHED RECORD LEVELS

Ключевые слова: модернизация, нефтеперерабатывающий завод, техническое переоснащение, цифровизация, современное предприятие.

Эффект от модернизации

Успехи предприятия во многом обусловлены постоянным стремлением к совершенствованию технологических процессов: сейчас на заводе реализуется программа модернизации. В рамках проекта были внедрены передовые технологии автоматизации, позволяющие значительно повысить эффективность производства. Новое оборудование, установленное в ходе модернизации, отвечает самым высоким стандартам отрасли и позволяет выпускать продукцию высокого качества с минимальными затратами. В частности, была усовершенствована автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), что позволило сократить временные и материальные затраты на производство.

Масштабное техническое переоснащение завода позволило вдвое увеличить мощность

производства еще в 2020 году — с запуском технологической установки ЭЛОУ АТ-6. По итогам 2024 года, согласно планам, объем переработанного заводом сырья превысит отметку в 5 млн тонн.

Второй этап модернизации предполагает открытие комплекса по производству автобензинов и ароматических углеводородов (КПААУ). Благодаря особенностям проекта его реализация способствует уменьшению зависимости от зарубежных технологий и катализаторов, а также улучшению экологических характеристик производства. По завершении второго этапа модернизации Ильский НПЗ расширит ассортимент продукции и начнет выпускать ксилольную фракцию, необходимую для химической промышленности, и высокооктановый бензин. Вторая очередь модернизации предполагает также техническое перевооружение уже действующих объектов, включающее увеличение мощностей и эксплуатационной

готовности, а также строительство почти 30 дополнительных объектов общезаводского хозяйства. Темпы модернизации предприятия соответствуют утвержденному плану. Сдать в эксплуатацию новые производственные мощности планируют в 2026 г.

На данный момент наращивается поставка оборудования по строительству объектов КПААУ, число работников подрядных организаций, занятых на объектах, в ближайшее время увеличится более чем в два раза. На пике строительства на объектах одновременно будут работать более 3500 человек. Проектная мощность будущего комплекса — более 1,5 млн т в год. Такие объемы гарантируют способность НПЗ удовлетворить спрос кубанских потребителей в автомобильном топливе.

В рамках третьей очереди модернизации ведется реализация проекта «Комплекс депарафинизации и гидроочистки дизельного топлива». В составе комплекса

проектируются две установки: установка депарафинизации и гидроочистки дизельного топлива и установка производства серы. Комплекс позволит перерабатывать до 2,4 млн т/год дизельной фракции с собственных установок АТ, выпуская дизельное топливо пятого класса экологичности. Утилизация образовывающегося сероводорода будет производиться на УПС с получением твердой гранулированной серы 1 сорта, в соответствии с ГОСТ. Прогнозный срок ввода в эксплуатацию -2027 год.

В планах руководства завода — дальнейшее расширение производственных мощностей и внедрение новых технологий. В ближайшие годы планируется запуск дополнительных линий переработки и строительство новых производственных мощностей. Кроме того, завод намерен активизировать работу по улучшению экологических показателей и снижению воздействия на окружающую среду.

Цифровизация производства

На заводе внедряются современные инструменты цифровизации, планируется внедрение системы усовершенствованного управления технологическим процессом (СУУТП) и системы управления производственными процессами (MES), аналитические платформы и системы мониторинга. Внедрение указанных инструментов позволяет значительно повысить точность и оперативность управления производством, снижая издержки и повышая качество продукции. Например, использование аналитических платформ на основе искусственного интеллекта позволяет оперативно выявлять и устранять проблемы в производственном процессе.

Благодаря высокому уровню автоматизации производственные процессы на заводе проходят с минимальным участием человека. Это снижает риск ошибок и повышает безопасность труда, что особенно важно в такой технологически сложной отрасли, как нефтепереработка. Внедрение автоматизированных систем позволило сократить время на выполнение рутинных операций и увеличить производительность труда на 15%.

В гармонии с природой

Одним из ключевых приоритетов развития завода является обеспечение экологической безопасности и минимизация воздействия на окружающую среду. Компания активно внедряет экологические программы и инициативы, направленные на сохранение природы края.

На предприятии установлены современные системы очистки сточных вод, которые позволяют оперативно контролировать и регулировать процесс очистки, что способствует поддержанию высокого уровня экологической безопасности.

Завод планирует использовать технологию переработки промышленных вод ZLD (Zero Liquid Discharge), благодаря которой возможно полностью исключить сброс загрязненных вод в окружающую среду. Это обеспечивает замкнутый цикл водоочистки и снижает водопотребление. Технология ZLD позволяет экономить до 50 тысяч кубометров воды в год, что имеет положительное влияние на экологическую обстановку в регионе.

Завод активно участвует в экологических акциях и инициативах направленных на сохранение природы края. Сотрудники предприятия регулярно проводят

мероприятия по уборке территорий, посадке деревьев и благоустройству окружающей среды.

Кадры

Успех предприятия во многом зависит от профессионализма и мотивации его сотрудников. Для привлечения и удержания ценных специалистов на заводе разработаны и реализуются различные социальные программы.

Проект «Кадровый резерв».
Проводится отбор и обучение перспективных сотрудников, которые в будущем смогут занять руководящие должности. Это позволяет обеспечивать кадровую устойчивость и готовить специалистов для выполнения стратегических задач предприятия. В проекте участвуют молодые специалисты, которые проходят обучение и стажировки как на самом заводе, так и в ведущих российских и зарубежных учебных центрах.

Высокая социальная эффективность. Завод неоднократно становился победителем всероссийских и региональных конкурсов, подтверждая свою высокую социальную эффективность. В частности, предприятие удостоено награды в конкурсе «Российская организация высокой социальной эффективности», что свидетельствует о высоких стандартах управления персоналом и социальной ответственности. В рамках программы социальной поддержки сотрудники завода имеют возможность пользоваться бесплатной медицинской страховкой, санаторным отдыхом, получать льготные кредиты на жилье и участвовать в корпоративных мероприятиях.

KEYWORDS: modernization, oil refinery, technical re-equipment, digitalization, modern enterprise.



Коллектив Ильского НПЗ поздравляет всех работников нефтяной, газовой и топливной промышленности с профессиональным праздником. Ваш труд и преданность делу являются залогом стабильного развития и успеха нефтегазовой отрасли. Пусть каждый день приносит вам новые достижения, а работа на благо промышленности дарит удовлетворение и радость. Руководство завода выражает особую благодарность ветеранам нашей отрасли, чей многолетний труд и опыт являются основой производственных достижений. Ваши знания и преданность делу являются примером для молодого поколения сотрудников. Благодаря вашему вкладу нефтегазовый сектор — один из важнейших секторов экономики — будет развиваться и показывать новые результаты.

Желаем всем работникам отрасли крепкого здоровья, профессиональных успехов и благополучия. Пусть работа приносит радость самореализации, вдохновляет на новые амбициозные проекты, открывает неизведанные грани мира и самого себя. Верим, что вместе сможем преодолеть любые трудности и достичь поставленных целей.

Коллектив Ильского НПЗ

МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ:

физические и физико-химические методы производства капсул для нефтегазовой и химической отраслей



Максимов Антон Львович член-корреспондент РАН, директор Института нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН



Антонов Сергей Вячеславович заведующий лабораторией Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева РАН, к.х.н.



Замрий Анатолий Владимирович генеральный директор Межотраслевого экспертноаналитического центра



Папушкина Анастасия Алексеевна старший аналитик Межотраслевого экспертноаналитического центра



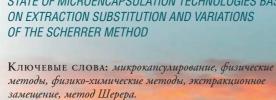
Алиева
Лейля Азадиевна
главный аналитик
Межотраслевого
экспертноаналитического центра



Безруков Николай Петрович научный сотрудник Института нефтехимического синтеза имени А.В. Топчиева РАН

ДАННАЯ СТАТЬЯ ЯВЛЯЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ «УМНЫЕ МИКРОКОНТЕЙНЕРЫ», В РАМКАХ КОТОРОГО КОМАНДА АВТОРОВ ОСУЩЕСТВЛЯЕТ ПОПЫТКУ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ ИЗ МЕДИЦИНЫ В НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ. ОСВЕЩАЕМЫЕ МЕТОДЫ, ВЫБОР КОТОРЫХ АРГУМЕНТИРУЕТСЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СРЕДОЙ, АКТИВНО РАЗВИВАЛИ И МОДЕРНИЗИРОВАЛИ ПОД ЗАДАННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. ДЛЯ ЭТОГО БЫЛИ ИЗУЧЕНЫ РАЗЛИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ МИКРОСФЕР, В ТОМ ЧИСЛЕ ЭКСТРУЗИЯ ЧЕРЕЗ ИГЛЫ, МЕМБРАНЫ И МИКРОКАНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, РАСПЫЛИТЕЛЬНАЯ СУШКА, ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ IN-SITU И МЕЖФАЗНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ. В НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЕ ОСНОВНОЙ ЦЕЛЬЮ ЯВЛЯЕТСЯ РАЗРАБОТКА УСТОЙЧИВЫХ К РАСТВОРИТЕЛЯМ И АГРЕССИВНЫМ СРЕДАМ МИКРОКАПСУЛ ДЛЯ КОНТРОЛИРУЕМОГО ВЫСВОБОЖДЕНИЯ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, КОТОРЫЕ БУДУТ ВКЛЮЧЕНЫ В РАЗЛИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА. В ДАННОЙ СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКЦИОННОГО ЗАМЕЩЕНИЯ И РАЗНОВИДНОСТЕЙ МЕТОДА ШЕРЕРА

THIS ARTICLE IS THE RESULT OF WORK ON THE "SMART MICROCONTAINERS" PROJECT WITHIN WHICH A TEAM OF AUTHORS IS ATTEMPTING TO TRANSFER MICROENCAPSULATION TECHNOLOGY FROM MEDICINE TO THE PETROCHEMICAL INDUSTRY. THE METHODS COVERED. THE CHOICE OF WHICH IS JUSTIFIED BY THE OPERATIONAL ENVIRONMENT, WERE ACTIVELY DEVELOPED AND MODERNIZED FOR GIVEN AREAS OF USE. TO ACHIEVE THIS. VARIOUS TECHNOLOGIES FOR THE PREPARATION OF MICROSPHERES INCLUDING EXTRUSION THROUGH NEEDLES, MEMBRANES AND MICROCHANNEL DEVICES, SPRAY DRYING, IN-SITU POLYMERIZATION AND INTERFACIAL POLYMERIZATION HAVE BEEN STUDIED. IN THIS WORK, THE MAIN GOAL IS TO DEVELOP MICROCAPSULES THAT ARE RESISTANT TO SOLVENTS AND AGGRESSIVE ENVIRONMENTS FOR THE CONTROLLED RELEASE OF ACTIVE SUBSTANCES THAT WILL BE INCLUDED IN VARIOUS PROCESSES OF THE OIL AND GAS COMPLEX. THIS ARTICLE CONSIDERS THE CURRENT STATE OF MICROENCAPSULATION TECHNOLOGIES BASED ON EXTRACTION SUBSTITUTION AND VARIATIONS





Теоретические основы микрокапсулирования начали закладываться в 40–50-х годах XX века [1]. На данный момент направление стремительно развивается в разных областях, среди которых нефтегазовая промышленность [2], [3], [4], [5], [6].

На сегодняшний день формирование полимерных оболочек осуществляется физическими, химическими и физико-химическими методами, каждый из которых имеет ряд достоинств и недостатков [7]. Исходя из текущих задач, простоты конструкции и специфики предполагаемой эксплуатационной среды в рамках проводимой научной работы были выбраны и модернизированы технологии, представляющие физические и физико-химические методы.

ТАБЛИЦА 1. Составы устойчивых систем

Nº	Код смеси	Состав смеси*	Осадитель
1	ПММА	ΠΜΜΑ (30 %)/ M3K (69,99 %)/ Tween (0,01 %)/-	Раствор вода/ИПС (50/50)
2	ПСФ-1	ПСФ (20%)/ дихлорметан (80%)/ Span 80/-	ИПС
3	ПК	ПК (13%)/ хлороформ (52%)/-/ DER-330+ИМТГФА (35%)	Этанол
4	ПСФ-2	ПСФ (4%)/ диметилацетамид (16%)/ -/ DER-330+ИМТГФА (80%)	Этанол, метанол, ИПС, гептан, вода, метанол/вода (75:25; 50:50; 25:75)

^{*}полимеры/растворитель/эмульгатор/эпоксидный олигомер + отвердитель, масс. %

Физико-химические методы

Физико-химические методы микрокапсулирования основаны на фазовом разделении в системе жидкость — жидкость. Несмотря на низкую производительность методов, их главное преимущество заключается в простоте аппаратурного оформления, поэтому в данной работе определенный интерес представляет технология получения, основанная на экстракционном замещении.

Экстракционное замещение

Метод экстракционного замещения схож с методом осаждения в нерастворителе и в основе своей также содержит стадию удаления растворителя из оболочки сформированной микрокапсулы вытеснением другой жидкостью, смешивающейся с растворителем, но не растворяющей пленкообразующий материал [8].

зависят от проницаемости оболочки, которая окружает ядро, поэтому благодаря своим физико-химическим и механическим свойствам были использованы полимерные растворы на основе полиметилметакрилата

(ПММА), полисульфона (ПСФ), поликарбоната (ПК) и смеси ПСФ/смола КДА-2.

На данном этапе были получены капсулы без наполнения. Для этого готовили растворы, содержащие полимер, растворитель, а также эмульгатор и отвердитель при необходимости. Далее полученную смесь капельно вводили в осаждающие растворы – метанол, этанол, изопропиловый спирт (ИПС), гептан, ацетон, солевые растворы. Пример получаемых «капсул» представлен на рисунке 1.

РИСУНОК 1. Полученные капсулы ПММА



Экспериментальным путем были определены наиболее устойчивые системы и оптимальные соотношения компонентов в рабочих смесях, данные представлены в таблице 1.

При формировании капсул из раствора ПММА лимитирующей стадией являлась скорость формирования твердой оболочки, предположительно из-за низкой диффузии метилэтилкетона (МЭК) в водный раствор ИПС, что существенно снижало производительность процесса. При исследовании системы ПСФ в смесь также добавляли 16 масс. % водный раствор Na₂SO₄ в соотношении

РИСУНОК 2. Капсулы ПСФ-2, полученные после нахождения в емкости с различными



РИСУНОК 3. Зависимость размера капсул состава ПСФ-2 от типа осадителя



РИСУНОК 4. Влияние осадителя на долю внутреннего содержимого в капсуле на примере состава ПСФ-2

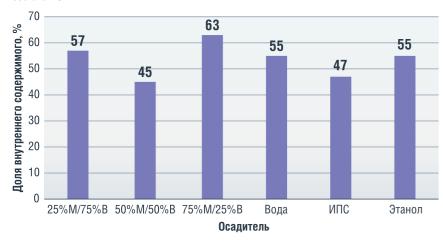
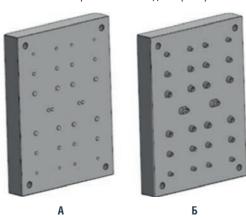


РИСУНОК 5. Термопресс



РИСУНОК 6. Верхние оснастки для термопресса



А – формирование полусфер (заполнение рабочим составом)

В - вырезание (при необходимости)

70:30, выступавший в качестве ядра. После вынимания капсул из емкости с ИПС проводилось их разрушение, которое подтвердило наличие жидкой системы внутри. Смесь ПК образовывала плотные, но хрупкие капсулы.

Наиболее успешные, на наш взгляд, результаты были получены при работе с составом ПСФ-2, где в качестве растворителя лучше всего зарекомендовал себя диметилацетамид. Для осаждения были выбраны этанол, метанол, ИПС, ацетон, гептан, вода, а также растворы метанол/вода (75:25; 50:50; 25:75) (рисунок 2).

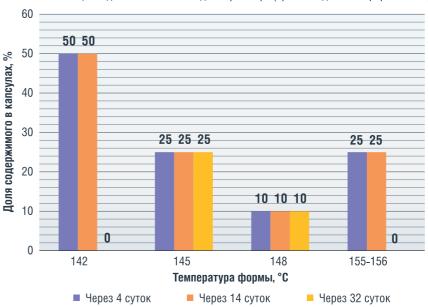
В результате более жесткие капсулы меньшего размера 1,9 мм были получены при использовании метанола, однако они оказались пустыми. Размер остальных капсул варьировался в пределах 2,5 мм (рисунок 3).

В результате полученные капсулы, объем жидкости в которых достигал 70%, свободно принимали сферическую форму, не теряя ее при извлечении, в отличие от растворов ПММА, ПСФ-1 и ПК, где полезный объем ядра варьировалось в пределах 30% (рисунок 4).

Несмотря на то, что технология экстракционного замещения позволяет получать капсулы необходимого диаметра от 1 до 2 мм с объемом ядра до 70%, в рамках промышленного использования она является неэффективной, ввиду непостоянства размерного ряда и низкой скорости процесса относительно, например, физических методов. Помимо этого, в процессе работы с данной технологией возникла проблема ее масштабирования,

капсул

РИСУНОК 7. Оценка динамики высвобождения раствора (время воздействия формой – 3 с)



что также снижает перспективы ее развития. В целом этот способ получения отлично подойдет для малотоннажных процессов и работы с нелетучими веществами, о чем свидетельствуют результаты экспериментов с системой ПСФ-2.

Физические методы

Суть физических методов микрокапсулирования заключается в механическом нанесении материала оболочки на твердые или жидкие частицы инкапсулируемого вещества. Главное преимущество физических методов – это простота их технического и технологического исполнения при относительно высокой производительности. Подробнее о физических методах мы писали ранее в обзорной статье по микрокапсулированию [6].

Пленочная технология

Перспективность применения данной технологии главным образом заключается в возможности производства многокомпонентных контейнеров, способных сохранять целостность в агрессивных и высокотемпературных средах. В рамках проекта «УМК» в качестве материалов оболочки были исследованы следующие полимеры: полиамид (ПА), полипропилен (ПП) и полиэтилен (ПЭ).

Основным ограничивающим фактором в применении классической пленочной

технологии в исследуемом авторами направлении является температурный барьер. Это связано с тем, что являющиеся прототипом технологии устройство Шерера изначально было ориентировано на пищевую промышленность, где максимальная необходимая температура варьировалась в пределах 40°C [9].

Лабораторные эксперименты проводили при помощи термопресса с цифровым регулятором температуры (рисунок 5) и четырех оснасток: верхние (рисунок 6) и нижняя с углублениями.

После подбора оптимального режима работы формирование капсул проходило следующим образом: модельную пленку помещали на нижнюю форму с углублениями и опускали нагретую форму «А», за счет чего происходило продавливание материала и формирование полусфер. Далее полусферы заполняли рабочим раствором, накрывали второй пленкой и проводили удар формой «Б» – происходили спайка пленок и вырубка микрокапсул. В нашем случае необходимость использовать оснастку «В» отсутствовала, так как разрезание капсул на этапе спайки было 100%.

исследовали герметичность получаемых контейнеров и оценивали динамику испарения материала ядра через оболочку с течением времени.

После формирования капсул

В качестве примера представлены результаты экспериментов с пленками из полиэтилена (рисунок 7). Материалом ядра выступала вода, окрашенная эозином. Оптимальный температурный диапазон и длительность удержания оснасток определяли путем варьирования данных параметров на каждом этапе.

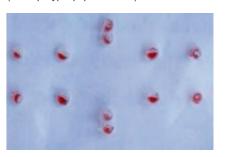
Исходя из полученных данных, мы можем заключить, что оптимальными условиями процесса формирования ПЭ-капсул в рамках текущего оборудования являются:

- температура формы 142°C;
- длительность удержания 3 с.

Если более детально подойти к вопросу аппаратного воплощения и тем самым увеличить производительность, то данный метод может быть использован при создании микрокапсул:

- для работы в агрессивных средах, а именно – при борьбе с коррозией оборудования, разрушением его целостности;
- в рамках управления полимеризацией;
- для необходимости создания многокомпонентной рецептуры (рисунок 8) и их управляемого смешивания.

РИСУНОК 8. Пленка с окрашенным раствором после обработки термопрессом (температура формы 142°C)



Капиллярная технология

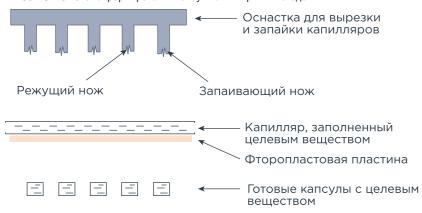
Капиллярная технология получения капсул разработана МЭАЦ СНГПР в кооперации с ИНХС РАН им. Топчиева. Устройство, используемое в данной технике капсулирования, состоит из термопресса и оснастки для одновременной запайки и вырезки капилляров (рисунок 9).

Суть метода заключается в формировании капсул посредством однократного удара горячими

[8] Neftegaz.RU ~ 51 50 ~ Neftegaz.RU [8]



РИСУНОК 9. Схема формирования капсул капиллярным методом



ножами по заполненным рабочим раствором полимерным капиллярам.

В качестве материалов волокон, диаметр которых составлял 1 мм, а толщина стенок – 0,1 мм, были также использованы полипропилен и полиэтилен. Важно отметить, что подбор соотношения ножей, их материал и форма, также являлось актуальной задачей.

На рисунке 10 представлен конечный вариант оснастки, который представляет собой монолитную металлическую форму, обладающую высокой теплопроводностью, и вид получаемых капсул размером от 1,2 до 2 мм.

В качестве примера представлены результаты экспериментов с пленками из полиэтилена, заполненные окрашенной эозином водой (рисунок 11).

Очевидно, что преимущество данной технологии перед пленочной заключается в:

- простоте конструкции;
- более высокой производительности;
- легкой масштабируемости;
- отсутствии необходимости удаления облоя.

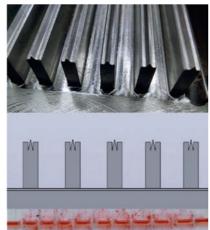
Перспектива применения капиллярного метода также актуальна для работы в агрессивных средах и прочих направлениях, смежных с пленочной технологией.

Заключение

обусловлена актуальными положительными результатами. В рамках лабораторных экспериментов оценили эффективность применения предлагаемых методов на промышленных полимерах, к агрессивным средам.

Очевидно, что, помимо

РИСУНОК 10. Конечный вариант оснастки и вид получаемых капсул



исследований, необходимо уделить внимание конструкторским вопросам по созданию соответствующего оборудования. Таким образом, успешное применение технологии в химической и нефтегазовой отрасли во многом зависит от возможности масштабирования операций и разработки простых и экономичных процессов для использования в промышленности.

Литература

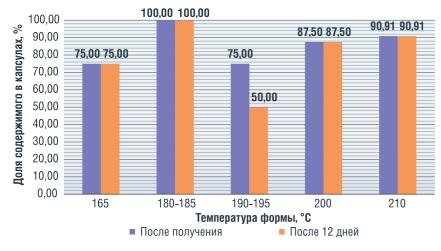
- 1. Постраш Я.В., Хишова О.М. Микрокапсулирование в фармации – современное состояние и перспективы // Вестник фармации. — 2010. — № 2 (48). -C.73-79.
- 2. Keyan K. et al. Microencapsulation of PCMs in textiles: a review // Journal of Textile and Apparel, Technology and Management. - 2012. - T. 7. - № 3.
- 3. Hu M. et al. Research advances of microencapsulation and its prospects in the petroleum industry // Materials. - 2017. - T. 10. -
- 4. Orlov M. V. Materials Microencapsulation Applications in Oil Drilling and Production // Journal of Physics: Conference Series. - IOP Publishing. 2021. - T. 1942. - № 1. - C. 012004.
- 5. McIlroy D. A. et al. Microencapsulation of a reactive liquid-phase amine for self-healing epoxy composites // Macromolecules. - 2010. - T. 43. -№ 4. - C. 1855-1859.
- 6. MAKSIMOV A. L. et al. Микрокапсулирование: обзор концепций, методов и перспектива использования в процессах нефтегазовой и
- 7. Jyothi N. V. N. et al. Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency //Journal of microencapsulation. – 2010. – T. 27. – № 3. – C. 187-197
- 8. Чуешов В.И. и др. Технология лекарств промышленного производства // Винница: Новая
- 9. Scherer R.P. Apparatus for forming and filling capsules: пат. 2288327 США. – 1942.

KEYWORDS: microcapsulation, physical methods, physico-chemical methods, extraction substitution, Scherer method.

Ценность текущего исследования обладающих физико-механической и химической устойчивостью

лабораторных и научных

РИСУНОК 11. Оценка динамики высвобождения окрашенного водного раствора из капсул, полученных капиллярным методом







Крайне низкий расход на угар

Минимизирует необходимость долива в межсервисные интервалы



Отличные низкотемпературные свойства

Превосходная прокачиваемость при низких температурах и температура застывания -61 °C дают максимальную защиту от износа двигателя при холодном пуске



Уникальная термоокислительная стабильность

Сохраняет свойства даже в высокофорсированных двигателях при самых жестких режимах эксплуатации в течение длительных периодов работы

Партнер фестиваля «ЗА РУЛЕМ ФЕСТ».

Технология GTL (газожидкостная конверсия) + РАО (полиальфаолефины). Сделано из газа.

В ТОМСКОМ ФИЛИАЛЕ АО «ССК» ПРОШЛО НЕОБЫЧНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ. ДЕТИ СОТРУДНИКОВ ПРИШЛИ НА РАБОТУ К СВОИМ РОДИТЕЛЯМ, УЗНАЛИ, ЧЕМ ВЗРОСЛЫЕ ТАМ ЗАНИМАЮТСЯ, А ЕЩЕ ПОЕЛИ КОНФЕТ, ПОПЛЯСАЛИ С АНИМАТОРАМИ И НАУЧИЛИСЬ ДЕЛАТЬ МОРОЖЕНОЕ

Юлия Соболева

специалист по связям с общественностью, АО «Сибирская Сервисная Компания»

«Такое мероприятие в Томском

жизнь компаний

и папы, и какой результат приносит их деятельность. Своей пятилетней дочке дома я рассказывала, что на работе встречаю новых людей и провожаю тех, кто решил уйти в другие компании. Составляю важные документы, чтобы другие люди могли выполнять свою Дочка мечтала побывать у меня на работе, и ее мечта сегодня

Дети – наше будущее и кто знает, может, кто-то из них пойдет по стопам своих родителей и выберет профессию в нефтяной отрасли».

Праздник организовали так, чтобы было познавательно, весело и интересно. Для всех детей сотрудников провели небольшую экскурсию с основной информацией о компании. Маленьких гостей разделили на группы постарше и помладше, отправили по кабинетам, в каждом из которых сотрудники рассказывали про свои обязанности и особенности работы. Например, в геологическом отделе показывали керн и различные образцы древних

залежей, предлагая угадать их возраст. В отделе снабжения детям дали потрогать части устройств, которые кто-то из их родителей использует «в поле». Ребят пустили в темную и шумную серверную, где хранятся данные компании. Всего дети прошли с десяток кабинетов, на двух этажах здания, не забыв заглянуть и к директору. Для поддержания сил в некоторых кабинетах юных визитеров еще и угощали конфетами.

«Нужно, чтобы дети понимали, что нужно трудиться, чтобы добиваться своих целей. Важно, чтобы они имели представление, чем занимаются их родители, как проходит рабочий процесс, какие есть сложности. А еще о том, что профессии бывают разные», подчеркнул ведущий инженер по бурению Томского филиала АО «ССК» Николай Вишневский.

«Уверена, что наша Сибирская Сервисная Компания делает важное и нужное дело для страны. Дети должны это знать, это дополнительный повод гордиться своими родителями. Моя дочка видит, как важна для меня моя работа, как увлеченно я ее делаю», отметила ведущий специалист Цеха производственного обеспечения Томского филиала АО «ССК» Елена Иванова.

«Мама говорила, что она работает удаленно с людьми по всей стране. Она участвует в том, как ищут нефть, бурят скважины. Мне сложно представить, как это происходит, но очень интересно. Еще любопытно, чем занимаются другие люди в организации. Сегодня я смогла это узнать», - рассказала дочка Елены.

В конце экскурсии юным гостям предложили примерить рабочую униформу сотрудников ССК куртку и каску. После примерки ребят ждали аниматоры. Попрыгав и побегав с ними, дети были готовы к заключительному этапу праздника - мастер-классу по приготовлению мороженого.

«Знакомая фраза: «хочу как мама и папа». Я рассказывал дочкам, чем занимается Сибирская Сервисная Компания, что производят из нефти, в каких регионах мы работаем. Они знают, что я окончил техникум, потом университет, что у меня два высших образования. Знают, что работать я начинал «в поле» помощником бурильщика, и что путь до руководителя не был простым. Сейчас они вместе с другими ребятишками сами посмотрели, как мы работаем, поделился директор Томского филиала АО «ССК» Евгений Телков, - Сегодняшний праздник вызвал улыбки не только у детей, но и у взрослых, создал

здоровый настрой на работу и выполнение планов. Наша компания заботится о семьях и детях и, я уверен, что проведение такого мероприятия поможет нам еще больше укрепить отношения в коллективе. Возможно, именно сегодняшний день в будущем повлияет на выбор профессии для ребятишек. Может, кто-то из них станет мастерами, инженерами, юристами, бухгалтерами, экономистами, бурильщиками или руководителями. И уж точно этот день останется в копилке воспоминаний, как один из интересных».

ЖИЗНЬ КОМПАНИЙ

АО «Сибирская Сервисная Компания» (https://www.sibserv.com) работает во всех нефтегазоносных регионах страны. Крупнейшие недропользователи России доверяют АО «ССК» сложные и ответственные объекты. Сибирская Сервисная Компания – член Международной ассоциации буровых подрядчиков (IADC), несколько лет является лидером ежегодной премии «Лучший работодатель среди буровых компаний-2024» Первого Бурового Портала и лучшей нефтесервисной компанией в номинации «Условия труда и репутация».



СОТРУДНИКИ НЕФТЕЮГАНСКОГО ФИЛИАЛА АО «ССК» ПРИНЯЛИ УЧАСТИЕ В ПОДГОТОВКЕ И ЗАЩИТЕ ДИПЛОМОВ

студентов Индустриального института

ТЕСНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО С ВЫСШИМИ И СРЕДНЕ-СПЕЦИАЛЬНЫМИ УЧЕБНЫМИ ЗАВЕДЕНИЯМИ — НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ СИБИРСКОЙ СЕРВИСНОЙ КОМПАНИИ. ОПЫТНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ КОМПАНИИ АКТИВНО ПРИНИМАЮТ УЧАСТИЕ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ МОЛОДЫХ ПРОФЕССИОНАЛОВ, ПОМОГАЯ СТУДЕНТАМ И ВЫПУСКНИКАМ ОВЛАДЕВАТЬ НЕОБХОДИМЫМИ ПРАКТИЧЕСКИМИ НАВЫКАМИ И ЗНАНИЯМИ

Валерия Белова

специалист по связям с общественностью, АО «Сибирская Сервисная Компания»

Сотрудники Нефтеюганского филиала АО «ССК» регулярно выступают в качестве научных руководителей и рецензентов дипломных работ в вузах и ссузах, и этот год не стал исключением. Недавно в Индустриальном институте (филиал) ФГБОУ «Югорского государственного университета» состоялись защиты выпускных квалификационных работ студентов, обучающихся по направлению «Бурение нефтяных и газовых скважин».

Специалисты Сибирской Сервисной Компании помогают студентам в написании дипломных работ, разрабатывая вместе с ними практические решения, основанные на реальном производственном опыте.

Кроме того, представители компании входят в состав аттестационной комиссии. «Мы не только делимся собственными знаниями и опытом, но и транслируем актуальные запросы производства. Это позволяет студентам получать максимально прикладные знания и навыки, востребованные на современном рынке труда», — поделился заместитель директора по бурению Нефтеюганского филиала АО «ССК» Андрей Владимирович Аверченко.

подготовки будущих кадров и заблаговременно выявлять наиболее талантливых и перспективных студентов. ССК предоставляет им возможность проходить производственную и преддипломную практики, стажировки в подразделениях с последующим трудоустройством в компанию. В свою очередь, учебные заведения получают возможность адаптировать образовательные программы к реальным потребностям работодателей.

Такое взаимодействие между Сибирской Сервисной Компанией и образовательными учреждениями создает благоприятную среду для обмена опытом и знаниями, способствует развитию будущих специалистов в области бурения.







ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНОЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ БУРЕНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН, В Т.Ч. ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ



ТЕКУЩИЙ И КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ СКВАЖИН

РАЗРАБОТКА И СОПРОВОЖДЕНИЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ, ПОДБОР РЕЦЕПТУР

ЦЕМЕНТИРОВАНИЕ

СКВАЖИН

ПАРТНЕРЫ





























УСЛУГИ
ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
СОПРОВОЖДЕНИЮ
НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО
БУРЕНИЯ



АО «Сибирская Сервисная Компания»

Адрес (исполнительный аппарат): 125284, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 31a, стр. 1, эт. 9 e-mail: cck@sibserv.com

Тел./факс:

+7 (495) 225-75-95

www.sibserv.com

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА СКВАЖИН

от расстояния до тектонического нарушения

В СТАТЬЕ ОПИСАН ПРОВЕДЕННЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ
ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА СКВАЖИН ОТ РАССТОЯНИЯ ДО ТЕКТОНИЧЕСКОГО
НАРУШЕНИЯ. В РЕЗУЛЬТАТЕ АНАЛИЗА БЫЛО ОПРЕДЕЛЕНО, ЧТО СУЩЕСТВУЕТ СИЛЬНАЯ
ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ПОТЕРЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ И РАССТОЯНИЕМ
ОТ ТЕКТОНИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ ДО СТВОЛА СКВАЖИНЫ. ОПРЕДЕЛЕНО РАССТОЯНИЕ,
НА КОТОРОМ ТЕКТОНИЧЕСКОЕ НАРУШЕНИЕ ВЛИЯЕТ НА ПОТЕРЮ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА

THE ARTICLE PROVIDES A STATISTICAL ANALYSIS OF THE LOSS OF WELLBORE STABILITY DEPENDING ON THE DISTANCE TO TECTONIC FAULTS. AS A RESULT OF THE ANALYSIS, IT WAS FOUND THAT THERE IS A STRONG RELATIONSHIP BETWEEN THE VIOLATION OF THE WELLBORE STRENGTH AND THE DISTANCE FROM THE TECTONIC DISTURBANCES TO THE WELLBORE. THE DISTANCE AT WHICH THE INFLUENCE OF TECTONIC DISTURBANCES ON THE STABILITY OF THE TRUNK IS SIGNIFICANT (HAS AN INFLUENCE) HAS BEEN DETERMINED

Ключевые слова: статистический анализ, потеря устойчивости, осложнения при бурении.

Дерябин Андрей Владимирович

Тюменский индустриальный университет, студент

Лихушин Александр Михайлович

000 «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

Паршукова Людмила Александровна

Тюменский индустриальный университет, к.т.н.

Пищухин Василий Михайлович

ведущий научный сотрудник Отделения экспериментальных исследований Опытно- экспериментального центра 000 «Газпром ВНИИГАЗ», академик международной Академии наук прикладной радиоэлектроники, к.т.н.

В процессе строительства скважин в интервалах викуловской и ханты-мансийской, абалакской свит [2, 4] в процессе бурения и при проведении спуско-одъемных операций, возникают осложнения, связанные с затяжкой и прихватом бурового инструмента, недохождением обсадных колонн, поглощением бурового раствора, а иногда – потерей ствола скважины. Согласно комплексной интерпретации промысловых данных, данных сейсморазведки, гравиметрического анализа, было определено, что имеются тектонические нарушения.

Тектонические нарушения проявляются в виде различных складчатых и разрывных нарушений их первичного горизонтального залегания. Авторами предположено, что данные тектонические нарушения приводят к потере устойчивости ствола скважин с обрушением стенок ствола и обвалом пород.

Для подтверждения предположения о зависимости потери устойчивости ствола скважин от тектонического нарушения было произведено картирование зон тектонических нарушений с дальнейшим нанесением на карты горизонтального профиля скважин, далее проанализирован процесс строительства 68 скважин. В процессе анализа была произведена оценка наличия тектонических нарушений в области строящихся скважин, а также рассчитано расстояние от тектонического нарушения до ствола скважин (часть таблицы для анализа приведена в таблице 1). Потеря устойчивости ствола скважины в указанных интервалах определялась по количеству затяжек и посадок инструмента массой более 5 тонн

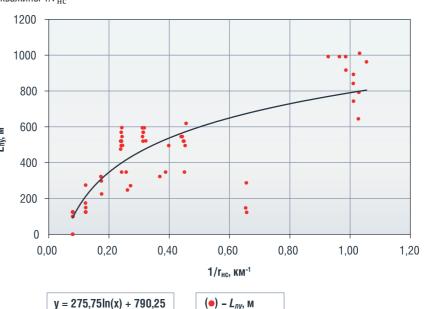
622.24

Для обнаружения и описания статистической зависимости



Скважина	Расстояние от тектонического нарушения до ствола скважины, км	Длина интервала потери устойчивости, м
1гр	0,9731	644
2 н/н	0,9886	743
3 н/н	0,9717	792
4 н/н	0,9483	962
5 н/н	0,9693	1010
6 н/н	0,9895	842
7н/н	1,0141	916

РИСУНОК 1. Зависимости длины интервала потери устойчивости ствола скважины $L_{\rm ny}$ от величины, обратной расстоянию между тектоническим нарушением и стволом скважины $1/r_{\rm HC}$



(—) – *L_{nyMHK}*, M

влияния тектонических нарушений на потерю устойчивости ствола был применен коэффициент ранговой корреляции Спирмена [3]. В результате проведенного корреляционного анализа было определено, что имеется сильная зависимость (p = 0,917) потери устойчивости ствола скважин от расстояния от тектонического нарушения до ствола скважины.

 $R^2 = 0,693$

Рассмотрим зависимость длины интервала потери устойчивости ствола скважины $L_{\rm пу}$ от величины, обратной расстоянию между тектоническим нарушением и стволом скважины $1/r_{\rm Hc}$. На рисунке 1 представлены значения $L_{\rm пу}$, обозначенные символом (\bullet), и результат интерполяции по методу

наименьших квадратов $L_{\rm пуМНК}$ (сплошная линия).

Уравнение интерполяции запишется в виде

$$L_{\text{пуМНK}} = \beta_1 l \, n(1/r_{\text{Hc}}.) + \beta_0 =$$
= 275,75 ln(1/r_{Hc}.) + 790,25 (1)

При этом коэффициент достоверности Пирсона составляет $R^2 = 0,693$.

Для проверки значимости модели используется критерий Фишера [3]:

НЕФТЕСЕРВИС

$$F_{\text{мод}} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - k - 1}{k} =$$

$$= \frac{0,693}{1 - 0,693} \cdot \frac{68 - 1 - 1}{1} = (2)$$

$$= 148,98,$$

где n = 68 — количество наблюдений;

k = 1 — число объясняющих переменных.

Опытное и критические значения критерия Фишера $F_{1-\alpha}(k,n-k-1)$ из таблиц распределения Фишера при заданных уровнях значимости $\alpha_1=0,1,\,\alpha_2=0,05,\,\alpha_3=0,01$ приведены в таблице 2.

Для всех заданных уровней значимости $F_{\text{мод}} \gg F_{\text{крит}}$, следовательно, надежность модели подтверждена.

Для определения расстояния, на котором тектоническое нарушение может привести к потере устойчивости ствола скважины с заданной вероятностью (что является значимым) строится гистограмма устойчивости ствола скважин для рассматриваемых условий.

На основании формулы Стерджесса [3] определяется число интервалов группировки данных

$$M = 1 + 3{,}322 \lg(N) =$$

= $1 + 3{,}322 \lg(68) = 7.09 \approx 7$.

Здесь M — число интервалов группировки;

N — объем выборки.

Результат усреднения по интервалам группировки приведен в таблице 3 и рисунке 2.

Трендами зависимостей являются производящие функции, определяющие вероятность устойчивости ствола скважин в зависимости от расстояния до тектонического нарушения.

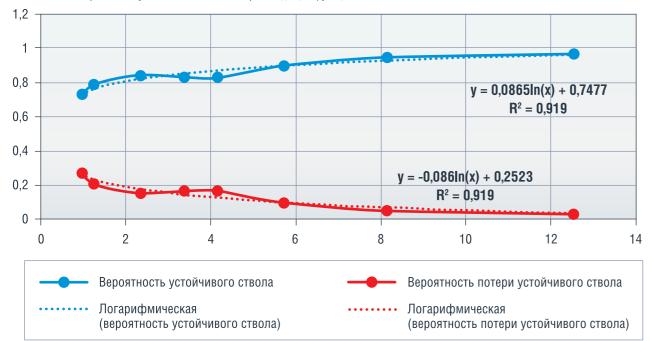
ТАБЛИЦА 2. Значения критерия Фишера

№ п/п	Уровень значимости α_i	$F_{\kappa pum}$	$F_{Mo\partial}$
1	0,1	2,78	148,98
2	0,05	3,99	148,98
3	0,01	7,04	148,98

ТАБЛИЦА 3. Вероятности состояния ствола

№ п/п	Среднее расстояние r_{cp}	Вероятность устойчивого ствола P_{ycm}	Вероятность потери устойчивости ствола P_{ny}
1	12,53879662	0,96851578	0,031308263
2	8,154341755	0,948465522	0,051534478
3	5,726563334	0,901670464	0,098329536
4	4,147025928	0,8335669	0,1664331
5	3,365208652	0,832389238	0,167610762
6	2,341636683	0,844994415	0,155005585
7	1,245933639	0,791662644	0,208337356
8	0,975642324	0,729799887	0,270200113

РИСУНОК 2. Вероятности устойчивости ствола и производящие функции



Как видно на рисунке 2, наиболее существенные изменения происходят на расстоянии от тектонического нарушения 2 км и менее.

Из приведенных зависимостей возможно строить прогноз величины интервала неустойчивости ствола в зависимости от расстояния до тектонического нарушения.

Допустим, необходимо пробурить скважину на глубину $L_{\rm ckb}$ = 3500 м. Расстояние до тектонического нарушения составляет 2 км.

По кривой «вероятность устойчивого ствола» определяется вероятность, что составляет $P_{
m VCT} = 0,807.$

Следовательно, ожидаемый интервал потери устойчивости ствола скважин составляет

$$L_{\text{пу}} = L_{\text{СКВ}} \times (1 - P_{\text{уст}}) =$$

= 3500 × (1 - 0,807) \approx 673 м.

Проведенный статистический анализ, данные ГФИ и промысловых данных (диаграммы строительства, характер и объем шлама на первой ступени очистки), подтверждают предположение авторов, что осложнения связанные с потерей устойчивости ствола, обусловлены наличием тектонических нарушений и измененным напряженнодеформированным состоянием горных пород. ●

Литература

- Бараз В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel: учебное пособие / В.Р. Бараз. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2005. – 102 с.
- Грошева Т.В. Прогнозирование осложнений при бурении скважин с использованием данных сейсморазведки и геомеханики / Сафонов Г.А., Грошева Т.В., Менщикова М.М. / Бурение и нефть. – М.: 000 «Бурение и нефть». – 2024. – № 3 – С. 22–26. – Текст непосредственный.
- 3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов / В.Е. Гмурман. М.: Высш. шк., 2003. 479 с.
- Дерябин А.В. Опыт устранения и предупреждения осложнений, обусловленных устойчивостью стенок скважины / Дерябин А.В., Паршукова Л.А. / Бурение и нефть. – М.: ООО «Бурение и нефть». – 2016. – № 1 – С 28 – 34. – Текст непосредственный.

KEYWORDS: statistical analysis, loss of stability, drilling complications.

REPUBLIC

FORMA

ПРЕМИАЛЬНЫЙ КВАРТАЛ ДЛЯ ВАШЕЙ ИСТОРИИ НА ПРЕСНЕ





НЕФТЕСЕРВИС

НЕФТЕГАЗОВЫЙ СЕРВИС

как триггер технологического суверенитета и структурной модернизации экономики России

«Наука по своей природе интернациональна. Нет российской или американской физики и биологии – есть просто физика и биология. Но вот выгоды от науки, причем гораздо большие, чем прибыль от нефти и газа, – национальные».

Ж.И. Алфёров

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНО ИСТОРИЧЕСКОЕ СТАНОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА, РАЗВИТИЕ НЕФТЕГАЗОВОГО СЕРВИСА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ. В ЦЕЛЯХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПЕРВОСТЕПЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИМЕЕТ РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО НЕФТЕГАЗОВОГО СЕРВИСА С УЧЕТОМ СТРУКТУРНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ. В УСЛОВИЯХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ, США И СТРАН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ НЕОБХОДИМО УВЕЛИЧЕНИЕ ИНВЕСТИЦИЙ В НИОКР ДО УРОВНЯ ВЫСОКО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ РАЗВИТЫХ СТРАН-ЛИДЕРОВ 2—8% И СТРУКТУРНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

THE ARTICLE CONSIDERS THE HISTORICAL FORMATION OF TECHNOLOGICAL SOVEREIGNTY, THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS SERVICE IN CONDITIONS OF LIMITATION OF FOREIGN TECHNOLOGICAL COMPETENCIES. IN ORDER TO PREVENT DEPENDENCE ON FOREIGN TECHNOLOGICAL SOLUTIONS, THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC OIL AND GAS SERVICE IS OF PARAMOUNT IMPORTANCE, TAKING INTO ACCOUNT THE STRUCTURAL MODERNIZATION OF THE COUNTRY'S ECONOMY. IN THE CONDITIONS OF GEOPOLITICAL INSTABILITY, TO OVERCOME TECHNOLOGICAL DEPENDENCE ON WESTERN EUROPE, THE USA AND SOUTHEAST ASIAN COUNTRIES IT IS NECESSARY TO INCREASE INVESTMENTS IN R&D TO THE LEVEL OF HIGHLY TECHNOLOGICALLY DEVELOPED LEADING COUNTRIES 2-8 % AND STRUCTURAL MODERNIZATION OF THE COUNTRY'S ECONOMY

Ключевые слова: reonoлитическая нестабильность, международное сотрудничество, нефтегазовый комплекс, нефтегазовый сервис, HUOKP, санкции, структурная модернизация, технологический суверенитет.

Качелин Александр Сергеевич

старший научный сотрудник, ФГБУН Институт экономики РАН, Центр инновационной экономики и промышленной политики, к.э.н. Актуальность рассматриваемой темы обусловлена достижением технологического суверенитета в нефтегазовом комплексе России в условиях внешних санкционных ограничений со стороны высоко технологически развитых стран.

Исторически сложилось, что нефтегазовый комплекс России является фундаментом экономики страны, и достижение технологического суверенитета становится необходимым условием его дальнейшего развития и функционирования. По данным

Росстата доля нефтегазового комплекса в ВВП страны составляет 17 – 20 % ¹.

В современных сложных геополитических условиях все чаще и чаще приходится слышать термин «технологический суверенитет». В обиход эта дефиниция вошла у нас на фоне западных санкций после марта 2014 г. и закрепилась весной 2022 г. В теории звучит красиво, но на практике требует

¹ Росстат опубликовал информацию о доле нефтегазового сектора в ВВП России //URL: https:// rosstat.gov.ru/folder/313/document/174229 (дата обращения: 07.03.2024). колоссальных финансовых, временных и трудовых затрат [1].

Если обратиться к истории, то вопрос о технологическом суверенитете существовал с момента образования Российского государства как субъекта международного права. При царствовании Петра I технологический суверенитет был связан с судостроением и созданием военно-морского флота, обеспечивший господство в омываемых морях и Мировом океане. Затем в конце XVIII века строительство железных дорог на промышленных предприятиях и крупных стройках, а также строительство первой железной дороги общего пользования при императоре Николае I.

В начале XX века разработка и реализация государственного плана электрификации России (далее – ГОЭЛРО), строительство Волховского алюминиевого комбината, производство синтетического каучука благодаря ориги¬нальным разработкам С.В. Лебедева, реализация проекта Магнитогорского металлургического комбината, Нижегородского автомобильного завода и Сталинградского тракторного завода. После окончания Второй мировой войны создание в 1949 г. атомной бомбы и в 1961 г. первый полет советского человека в космос и так далее

Достижение технологического суверенитета в современных условиях

Вместе с тем, согласно аналитическому докладу авторского коллектива НИУ ВШЭ, предлагают условно четыре этапа эволюции российской политики импортозамещения: 2000–2008 гг., 2009–2013 гг., 2014–2021 гг. и 2022 – с открытым временным горизонтом [2].

Обеспечение технологического суверенитета включает переориентацию существующих технологических цепочек на дружественные страны, заполнение звеньев с критическими технологиями отечественными решениями, а также создание опережающих научнотехнологических заделов [3].

Необходимо отметить, что в настоящее время в основных

нормативно-правовых актах «Концепция технологического развития на период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р и «Приоритетные направления проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации», утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2023 г. № 603, а также в науке отсутствует единое и общепринятое понятие Т-суверенитет. В этой связи осмелюсь предложить лаконичное авторское определение технологического суверенитета.

Технологический суверенитет можно охарактеризовать как процесс, протекающий во времени, связанный с научно-техническим прогрессом, позволяющий государству существовать как субъекту международного права [4].

В эпоху высоких цен на газ и нефть Россия успешно использовала сырьевую модель развития, получала импортную технику и овеществленные в ней технологии и услуги в обмен на экспорт энергоресурсов. Основной площадкой для этого обмена был европейский рынок.

За последнее десятилетие существенно изменился мировой энергетический ландшафт в отношении нефтегазового сектора России, обрушились цены на энергоресурсы, произошло сокращение добычи энергоресурсов из-за оскудения ее запасов, в силу геополитической нестабильности и международных ограничений, сдерживающих импорт в Россию зарубежных технологических компетенций. Введены ограничения для западных производителей на поставки технологического оборудования для нефтегазового комплекса, в том числе для совместных проектов по добыче в Арктике. Установлен «потолок» цен на экспорт углеводородных ресурсов, что ограничивает работу на международном энергетическом рынке российских компаний, введены санкции для танкерного флота и различные финансовые и страховые ограничения.

Один из признанных мировых сертифицирующих органов – Американский институт нефти (далее – API) – начал прекращать процесс проведения оценок

соответствия российского нефтегазового оборудования и технологий с выдачей соответствующего сертификата, а позднее и вовсе имели случаи аннулирования (отзыва) ранее выданных сертифицированных решений [5].

Поэтому на Совете по науке, технологиям и образованию президент страны поставил вопрос о научно-технологическом суверенитете: «Речь идет не о том, чтобы делать все самим, не о технологической и научной автаркии. Это невозможно. Интеллектуальная изоляция способна привести лишь к отсталости. Но если мы сможем обеспечить лидерство по ряду ключевых направлений, если от российских технологий будут зависеть партнеры, и при этом мы будем способны быстро впитывать и использовать чужие наработки, то такая взаимозависимость серьезно будет укреплять наши позиции... Мы должны быть готовы к такой конкуренции, это вопрос о нашем научном и технологическом суверенитете» [6].

Практически во всех отраслях экономики производители столкнулись с дефицитом комплектующих, были остановлены и ограничены поставки изза границы, а замены в виде отечественных аналогов не оказалось.

По оценке специалистов, в России наблюдается более чем трехкратный разрыв между спросом со стороны промышленности и фактическим объемом производства микрочипов [7], при этом доля российского программного обеспечения в промышленности составляет 25 % [8].

По данным Ассоциации разработчиков и производителей электроники, в год в России продавалось вычислительной техники на 7,5 млрд долл. США, российского производства на сумму около 500 млн долл. США [9], причем вся российская вычислительная техника создавалась с использованием импортных комплектующих из десятка стран Западной Европы, США и Юго-Восточной Азии. Таким образом, российские производители электроники и вообще всех устройств, где используется микроэлектроника (а это практически вся современная техника, от стиральных машин

ТАБЛИЦА 1. Доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВВП по Российской Федерации, % 1)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Всего	1,13	1,02	1,03	1,03	1,07	1,10	1,10	1,11	1,0	1,04	1,10	1,0	0,94

Источник: официальный сайт Росстата URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11189 (дата обращения: 07.05.2024).

до самолетов), оказались в ситуации, когда, с одной стороны, многократно вырос спрос на их продукцию, а с другой – санкции перекрыли каналы международной кооперации и поставок. Производители оборудования отрезаны от авторизованных поставок западных микросхем, российские разработчики микросхем лишены доступа к современным полупроводниковым фабрикам, включая главную из них тайваньскую TSMC, российские фабрики, несмотря на достаточно зрелый уровень технологий, испытывают серьезные сложности с замещением зарубежных материалов, технологического оборудования и запасных частей к нему².

Нефтегазовый сервис лидер достижения технологического суверенитета

Нефтегазовый сектор представляет собой ключевую составляющую мировой энергетики, оказывая значительное влияние на экономики государств, геополитическую обстановку и общество в целом. Эта обширная индустрия, охватывающая геологоразведку, добычу, переработку и распределение нефти и природного газа, становится основой энергетической безопасности и стратегической независимости многих стран. Развитие нефтегазового сектора тесно связано с технологическими инновациями, геополитическими вызовами, а также стремлением к устойчивости и снижению воздействия на окружающую среду.

В настоящее время нефтегазовый сектор России является высоко диверсифицированным, с участием 285 организаций, обладающих лицензиями на добычу нефти, газового конденсата и продолжает оставаться одним из драйверов экономического роста страны. Эта индустрия в значительной степени зависит от деятельности 11 вертикально интегрированных

компаний (далее – ВИНК), которые в совокупности обеспечивают более 84% общероссийского объема нефтегазодобычи.

Исторически обусловлено, что нефтегазовый сектор является одним из основных источников наполнения федерального бюджета и лидером технологического суверенитета. Однако, несмотря на это, на протяжении более тридцати лет в России доля внутренних затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (далее – НИОКР) составляет не более одного процента от ВВП (табл. 1), что не позволяет России занять более высокие позиции, поднявшись с 51-го места в рейтинге глобального инновационного индекса³.

Необходимо отметить, что по итогам 2023 г. добыча нефти в России составила 527 млн т, что меньше на 1,51% по сравнению с предыдущим годом (535 млн т), и наиболее серьезное снижение произошло по добыче газа 642 млрд м³, что ниже на 4,67 %, чем в 2022 г. $(672 \text{ млрд } \text{м}^3)^4$.

В результате секторальных санкций из России ушли западные

технологические и сервисные компании, приостановлено международное научнотехнологическое сотрудничество. Любые международные санкции имеют две оборотные стороны медали. Экономическая сторона медали связана с желанием некоторых крупных субъектов международного права поделить сформировавшийся несколькими десятилетиями глобальный рынок товаров и услуг. Практика показала, что санкционный режим применяется в основном против стран, которые осуществляют суверенную политику и обладают большими запасами углеводородных ресурсов.

Согласно данным панели управления Castellum.AI, которая отслеживает консолидированные данные

РИСУНОК 1. Внутренние затраты на исследования и разработки к ВВП в 2020 г., %



Источник: официальный сайт Росстата URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11189 (дата обращения: 07.05.2024).

о санкциях против России, по состоянию на 1 мая текущего года в отношении нашей страны введены санкции – 20 764. Под санкциями и ряд других стран – Иран (5095), Сирия (2855), Северная Корея (2179), Беларусь (1499), Мьянма (1009), Венесуэла (747)⁵.

Фундаментальная наука является основой и ядром технологического суверенитета любой страны, а ее всецелое использование на благо общества определяется, прежде всего, постоянным совершенствованием механизмов управления и координации экономических институтов общества, в том числе и в научной сфере [10]. Значение технологий как фактора, обеспечивающего конкурентоспособность нефтегазового сектора страны на мировом энергетическом рынке, сложно переоценить. Удивительно, что наша страна, будучи одним из мировых лидеров добычи нефти и газа, выделяет на НИОКР значительно меньше, чем другие промышленно развитые страны, не имеющие огромных углеводородных ресурсов (рис. 1).

В результате распада СССР и дальнейшей трансформации экономики России произошла дезинтеграция энергостроительного комплекса страны. Были ликвидированы профильные НИИ и опытно-конструкторские отраслевые разработки, разрушен проектный, строительный и машиностроительный комплекс, обеспечивающий весь ТЭК [11].

Были утрачены ключевые компетенции в разработке инновационного оборудования и переходу к импортным технологиям и услугам. Основные мотивы к переходу на импортные технологические решения были следующие: большинство технологий и оборудования не имели отечественных аналогов: лучшие технико-экономические показатели импортного оборудования, повышенный срок службы и надежность; большие межсервисные интервалы, высокий уровень сервиса и поддержки, предоставляемый производителем; гибкость производителя при производстве специфического оборудования [12].

Вследствие введенных санкций в отношении ТЭК правительство России вынуждено было принимать меры по импортозамещению в нефтегазовом комплексе.

ТАБЛИЦА 2. План мероприятий по импортозамещению в отрасли нефтегазового машиностроения Российской Федерации на период до 2024 года

п/п	Наименование продукции	Доля отечественной продукции до реализации планов импортозамещения, %	Доля отечественной продукции до 2024 г., %
1.	Технологии, техника и сервис эксплуатации скважин, увеличение нефтеотдачи	24	41
2.	Техника и технологии бурения наклонно-направленных, горизонтальных и многозабойных скважин	15	31
3.	Программные средства для процессов геологоразведки, бурения, добычи, транспортировки и переработки углеводородного сырья	10	30
4.	Технологии сжижения природного газа (СПГ)	12	35
5.	Технологии переработки углеводородного сырья	27	45
6.	Технологии производства катализаторов и присадок для нефтеперерабатывающих производств и нефтехимии	13	29
7.	Технологии и оборудование, используемое для реализации шельфовых проектов	5	21
8.	Технологии и оборудование для транспортировки нефти и газа	24	45
9.	Технологии и оборудование для геологоразведки	8	27
10.	Технологии и оборудование для получения газов	6	24
11.	Технологии и оборудование для пожаротушения морских нефтегазовых сооружений	11	26
12.	Средства производства, используемые в рамках процессов изготовления продукции нефтегазового машиностроения	26	35
	Источник: URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401406	136/ (дата обращения	a: 07.05.2024)

Отраслевые министерства вместе с другими заинтересованными министерствами и ведомствами, нефтегазовыми компаниями ведут работу по снижению зависимости от импортного технологического оборудования.

Были приняты отраслевые планы по гражданским секторам промышленности, которые предусматривают снижение доли импорта по отраслям обрабатывающей промышленности на период до 2024 года. В разработке планов приняли участие, помимо федеральных органов исполнительной власти, представители РАН, нефтегазовые компании, государственные корпорации, а также институты развития.

В соответствии с Планом по импортозамещению нефтегазового оборудования на период до 2024 г., утвержденным приказом Минпромторга России от 30 июня 2021 г. № 2362, предусмотрена следующая динамика (табл. 2).

Нефтегазовый сервис является одним из уникальных драйверов для перевода национальной экономики с сырьевой направленности на высокотехнологические рельсы. Одного желания в переходе от сырьевой направленности к инновационному развитию экономики недостаточно. Необходима комплексная система мер - законодательных, организационных, политических и экономических.

Сервисная составляющая нефтегазового сектора является главным потребителем инновационных и технологических компетенций. Кроме этого, нефтегазовый сервис является крупнейшим заказчиком высокотехнологического оборудования в смежных отраслях (станко- и машиностроение, судостроение, трубная

[8] Neftegaz.RU ~ 65 64 ~ Neftegaz.RU [8]

¹¹) Расчет по данным формы федерального статистического наблюдения № 2-наука «Сведения о выполнении научных исследований и разработок» и данных статистики национальных счетов. Данные для расчета по показателю ВВП по состоянию на 07.04.2023 г.

Во-первых, люди, во-вторых – технологии, в-третьих – инвестиции// URL: https://arpe.ru/news/ Vo_pervykh_lyudi_vo_vtorykh_tekhnologii_v_tretikh_ investitsii/ (дата обращения: 01.05.2024).

³ Глобальный инновационный индекс 2023. https:// www.wipo.int/edocs/pubdocs/ru/wipo-pub-2000-2023-exec-ru-global-innovation-index-2023.pdf.

⁴ Итоги 2023 г. от А. Новака. URL: https://neftegaz. ru/news/dobycha/814415-itogi-2023-g-ot-a-novakadobycha-nefti-v-rossii-upala-menee-chem-na-1-gazaпа-5-5/ (дата обращения: 02.05.2024).

⁵ Russia sanctions dashboard // URL: https://www. castellum.ai/russia-sanctions-dashboard (дата обращения: 07.05.2024).

НЕФТЕСЕРВИС

промышленность, оборудование для разработки шельфа и морских платформ, электроника для геологоразведки). Соответственно, развитие нефтегазового сервиса является триггером и лидером инновационного развития обрабатывающей промышленности, науки и национальной экономики.

Главным отличием и преимуществом нефтегазовых сервисных компаний от добывающих нефтегазовых компаний является отсутствие геологических рисков. Это значит, что нефтегазовые компании осуществляют самостоятельно разведку и в случае отсутствия углеводородных ресурсов самостоятельно несут геологические риски. Сервисная же компания только зарабатывает в данном случае от количества пробуренных скважин, независимо от того, есть ли углеводороды или нет. Помимо этого, нефтегазовые компании могут нести политические и географические риски, связанные с национализацией собственности, вооруженными конфликтами и государственными переворотами, а также разногласиями со странамитранзитерами. В данном случае сервисные компании прекращают работу в подобных обстоятельствах и возобновляют свою деятельность после нормализации обстановки. Наряду с этим существует экономическая составляющая у нефтегазовых сервисных компаний. Затраты на нефтесервис у компаний, пользующихся услугами внешних подрядчиков, ниже – около 15 долл. США на тонну добытой нефти, тогда как ВИНК, использующие собственные сервисные подразделения, тратят от 18 до 30 долл. США.

Обстоятельства, связанные с высокой волатильностью цен на углеводороды, конкуренцией и геополитической нестабильностью, стимулируют нефтегазовые сервисные компании к внедрению новых услуг и технологий. Одной из таких услуг является рефрекинг, позволяющий увеличить отдачу уже существующих скважин. Это позволяет нефтяным компаниям отказаться от бурения новых скважин, при этом увеличивая объем добычи на старых. Рефрекинг заключается в многостадийном гидроразрыве пласта для добычи сланцевой нефти путем нагнетания в скважину смеси из воды, песка и химикатов под высоким давлением. Если бурение новой скважины обходится в среднем в 8 млн долл.

США, то рефрекинг стоит около 2 млн долл. США [13].

Следует отметить, что нефтегазовый сервис является еще и геополитическим инструментом для стран-экспортеров нефтесервисных услуг [14]. После национализации нефтегазового комплекса многие арабские страны, государства в Латинской Америке, Африке и Азии попали в высокую зависимость от нефтегазового сервиса американских и европейских компаний.

На мировом нефтегазовом сервисном рынке доминирует «большая четверка» американских компаний-лидеров «Halliburton» (услуги по закачиванию скважин), «Schlumberger» (услуги каротажа), «Baker Hughes» (буровые долота) и «Weatherford International», которые присутствовали на российском рынке более 30 лет.

В условиях внешних санкционных ограничений от импортного нефтегазового сервиса НГК

Halliburton – американская

транснациональная нефтесервисная компания Компания предоставляет свои услуги в более чем 70 странах по всему миру, штаб-квартира находится в Хьюстоне, штат Texac. В списке крупнейших компаний мира Forbes Global 2000 за 2022 год заняла 616-е место (773-е по размеру выручки, 722-е по чистой прибыли, 1430-е по активам и 515-е по рыночной капитализации). Дата основания — 1919 год, число сотрудников — 40 000, капитализация — 27 млрд долл. США.

Schlumberger – крупнейшая нефтесервисная компания. Основные операционные центры компании расположены в Хьюстоне, Париже, Лондоне и Гааге. Зарегистрирована компания на Нидерландских Антильских островах (в офшорной зоне). В списке крупнейших компаний мира Forbes Global 2000 за 2022 год заняла 348-е место (502-е по размеру выручки, 547-е по чистой прибыли, 854-е по активам и 261-е по рыночной капитализации). Дата основания — 1926 год, число сотрудников — 92 000, капитализация — 49 млрд долл. США.

Baker Hughes – американская транснациональная нефтесервисная компания В перечень услуг компании входят бурение, оценка запасов, обустройство месторождений и т. д. Штаб-квартира находится в городе Хьюстон, Техас. Дата основания — 1987 год, число сотрудников — 54 000, капитализация — 28,2 млрд долл. США.

Weatherford International

транснациональная нефтесервисная компания. Зарегистрирована в Ирландии, штаб-квартира находится в Хьюстоне (Техас, США). Дата основания — 1998 год, число сотрудников — 17 000, капитализация — 1,3 млрд долл. США.

вынужден опираться на собственный опыт и сервис, оставшийся по наследству от СССР, который осуществлял сервисные услуги во многих странах мира (от Латинской Америки, Ближнего Востока и Африки до Юго-Восточной Азии). С одной стороны, российский нефтегазовый сервис столкнулся с новыми угрозами, а с другой – получает новые возможности для роста и пересмотра стратегий развития, и с учетом соотношения цены и качества российские производители достаточно конкурентоспособны и могут эффективно продвигать технологическое оборудование и сервисные услуги на внешний рынок.

В 2020 г. создан Институт нефтегазовых технологических инициатив (далее – ИНТИ), который, по сути, является площадкой для совместного решения стоящих перед нефтегазовой отраслью вызовов и задач. На практике ИНТИ в сотрудничестве с Росстандартом реализуют разработку и внедрение новых стандартов, формируют унифицированную систему оценки соответствия продукции, помогают производителям в проведении опытно-промышленных испытаний.

В целом деятельность ИНТИ поможет повысить конкурентоспособность и технологичность отечественной продукции, а также оптимизировать затраты на ее разработку, производство и продвижение.

Доля импортного оборудования в сегменте трудноизвлекаемых запасов в то время составляла 50%, в сфере производства сжиженного природного газа — 80%, а оборудование для работы на шельфе — 85%. Иностранные компании тогда поставляли 80% используемого в стране бурового оборудования. В результате санкций под запрет попало 68% поставок импортного высокотехнологичного нефтегазового оборудования, задействованного при освоении трудноизвлекаемых запасов⁷.

В настоящее время российский нефтегазовый сервис стремительно развивается, но для дальнейшего усовершенствования необходима государственная политика в области нефтегазового сервиса, с разработкой и реализацией программы с целью укрепления позиций отечественного сервиса как на внутреннем, так и на мировом рынке сервисных услуг. Таким образом, наличие собственного нефтегазового сервиса позволит эффективно наращивать добычу углеводородов даже при отсутствии доступа к западным технологиям.

К сожалению, руководители нефтегазовых компаний не задумывались о развитии и производстве отечественного технологического оборудования и предпочитали покупать готовые технические решения по завышенным ценам в других странах и по возможности неоднократно апробированные в «полевых условиях».

Заключение

Время показало, что политика импортозамещения в нефтегазовом секторе была самообманом, так как на российских предприятиях на импортном оборудовании по иностранным технологиям с использованием зарубежного программного обеспечения из иностранного сырья западными специалистами создавали «отечественную» продукцию для топливно-энергетического комплекса. Чтобы не менять технологическую зависимость от высокотехнологически развитых стран на зависимость от Китая, превращаясь в сырьевой придаток Поднебесной, необходима государственная политика в области нефтегазового сервиса.

Сейчас мы вступили в такую борьбу за свое существование в качестве субъекта международного права и суверенной державы, когда у каждой проблемы должны быть персональные ФИО. Время коллективной ответственности, которая сводилась к поиску «стрелочника», завершилось. Необходимо понимать, что в некоторых направлениях придется начинать работу с нуля и в условиях международного разделения труда обеспечить себя отечественными технологиями на 100% невозможно.

Мировой опыт реализации нефтегазовых проектов показывает, что международная кооперация

при освоении шельфовых и арктических месторождений способна создать значительный экономический мультипликативный эффект. Тем не менее международное взаимодействие со странами организаций ЕАЭС. БРИКС, ШОС и других в виде технологического партнерства должно быть сбалансированным, и при совместных проектах в геологоразведке, добыче и переработке углеводородов приоритет в использовании и внедрении в НГК необходимо отдавать российскому оборудованию, с целью развития российских технологий.

Из-за отсутствия головного субъекта управления научно-технологическим развитием представляется целесообразным восстановить ведущую роль РАН как высшей научной организации страны с целью стратегического планирования, координации и научного сопровождения инновационного цикла с прямым подчинением президенту России.

Между тем некоторые эксперты предлагают воссоздать единый координационный и аналитический орган, занимающийся вопросами стратегического планирования в прикладной науке. Сегодня в России функционируют несколько научнотехнических направлений, что-то делают профильные министерства, каждая государственная корпорация и нефтегазовая компания «сама по себе». Поэтому необходим консолидирующий центр, способный выполнять единую систему приоритетов и предотвратить дублирование развития технологий.

Продолжить кооперацию ВУЗов, научных организаций, частного бизнеса и компаний с государственным участием, чтобы ученые и конструкторы могли не только создавать, но и быстро внедрять новые технологии.

Целесообразно создавать такие условия со стороны государства, используя широкую кооперацию с малым и средним предпринимательством, чтобы в современной России появились новые «Королевы», «Туполевы», «Ильюшины», «Калашниковы».

Достижение технологического суверенитета – это долгосрочная государственная задача, предписывающая консолидацию усилий на всех уровнях власти и управления нефтегазовым

сектором страны с учетом структурной модернизации отрасли и увеличением инвестиций в НИОКР до уровня высокоразвитых стран (3–8% от ВВП) и профессиональной подготовкой кадрового потенциала.

Литерату

- Качелин А.С. Технологическая безопасность в нефтегазовой отрасли России в условиях экономических санкций: миф и реальность // Сборник статей по итогам международной научнопрактической конференции «Особенности и перспективы Социально-экономического развития Российской Федерации в условиях экономических санкций» (Москва, 24—25 мая 2023 г.). Сборник статей – М.: ИПРАН РАН, 2023. – С. 60 –70, doi: https://dx.doi.org/10.37437/9785912941887-23-ss2.
- 2. Импортозамещение в российской экономике: вчера и завтра. Аналитический доклад НИУ ВШЭ / Я.И. Кузьминов (науч. рук. исслед.), — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2023. — 272 с. https:// indpolicy.hse.ru (07.05.2024).
- 3. https://indpolicy.hse.ru.
- Качелин А.С. Обеспечение технологического суверенитета и структурной модернизации в нефтегазовом комплексе России // Энергетическая политика // март 2024, № 3 (194), с. 20–29.
- Фадеев А.М., Афанасьев М.В., Голубцова М.В. Экономический и технологический суверенитет нефтегазового комплекса России: учебное пособие / А.М. Фадеев, М.В. Афанасьев, М.В. Голубцова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Высшая школа производственного менеджмента. – Санкт-Петербург: Политех-Пресс, 2023. – 104 с.
- 6. Заседание Совета на науке, технологиям и образованию // URL: http://www.kremlin.ru/events/ president/news/64977 (дата обращения: 01.03.2024).
- 7. Чипонезависимость со скидкой // URL: https:// www.kommersant.ru/doc/5667792 (дата обращения: 01.03.2024).
- Мишустин оценил долю российского ПО на предприятиях в 25% / URL: https://www.vedomosti. ru/technology/news/2022/06/03/925063-mishustinrossiiskogo-po (дата обращения: 07.05.2024).
- 9. Технологии на пути к суверенитету // URL: https:// plus.rbc.ru/news/62a9f3127a8aa94a9414ab26 (дата обращения: 01.03.2024).
- Заварухин В.П., Антропова О.А. Наука в вузах России: развитие научных исследований и кадрового потенциала // Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции «Особенности и перспективы Социально-экономического развития Российской Федерации в условиях экономических санкций» (Москва, 24 25 мая 2023 г.). Сборник статей М.. ИПРАН РАН, 2023. С. 50 59, doi: https://dx.doi.org/10.37437/9785912941887-23-ss2.
- 11. Инновационное импортозамещение как драйвер экономической безопасности региона: монография / [И.М. Голова, Н.В. Кривенко, В.Л. Берсенёв и др.]; под научной редакцией И.М. Головой, Н.В. Кривенко; Российская академия наук, Уральское отделение, Институт экономики. — Екатериибург: Ин-т экономики. 2022. — С. 246.
- Жданеев О.В., Зуев С.С. Вызовы для энергосектора России до 2035 года // Энергетическая политика, 2020, № 3 / С. 12 – 23.
- Парфирьева Е.Н. Развитие нефтегазового сервиса: зарубежный опыт и российская практика // Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – С. 102.
- Савостьянов Н.А., Лаптев В.В. О государственной политике России в сфере нефтегазового сервиса // Геология нефти и газа, № 2, 2010.

KEYWORDS: geopolitical instability, international cooperation, oil and gas complex, oil and gas services, R&D, sanctions, structural modernization, technological sovereignty.

⁶ Официальный сайт Росстандарта. Стандарты для технологического развития и импортозамещения в ТЭК URL: https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/presscenter/news?portal:isSecure=true&navigational state=JBPNS_rO0ABXczAAZhY3Rpb24AAAABAAA5za W5nbGVOZXdzVmlldwACaWQAAABAAQ4Njc4AAdfX OVPRI9f&portal:componentid=88beae40-0e16-414c-b176-d0ab5de82e16 (дата обращения: 10.05.2023).

⁷ Ориентир на отечественное оборудование // URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/articles/1/973/ (дата обращения: 07.05.2024).

⁸ Эксперты предложили создать в России орган управления наукой, как в СССР // URL: https://www. rbc.ru/economics/23/04/2024/662622be9a794717287 14a8e (дата обращения: 07.05.2024).



РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

потери прямолинейной формы устойчивости бурильной колонны в динамических условиях

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПРОФИЛЕЙ СКВАЖИН ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩИХ РАЗРАБОТКУ ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ОБУСЛАВЛИВАЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОВЕДЕНИЯ ЗНАКОПЕРЕМЕННО НАГРУЖЕННОГО БУРИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОКАЗАЛ, ЧТО МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ХАРАКТЕРА ДЕФОРМАЦИИ КОЛОННЫ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ИЗГИБЕ ДО СИХ ПОР ОСТАЮТСЯ НЕСОВЕРШЕННЫМИ. СДЕЛАНА ПОПЫТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ОБОСНОВАТЬ ПОВЕДЕНИЕ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ И РАЗРАБОТАТЬ СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА. ПОЗВОЛЯЮЩУЮ С ДОСТАТОЧНОЙ ТОЧНОСТЬЮ РАССЧИТАТЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВНУТРИСКВАЖИННОГО ИНСТРУМЕНТА, ПРЕДСТАВИТЬ ЭПЮРЫ СИЛ И МОМЕНТОВ НА РАЗНЫХ УЧАСТКАХ ПРОФИЛЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ НА ПРИМЕРЕ ИЗВЕСТНЫХ В КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ РАСЧЕТОВ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ФОРМЫ БУРИЛЬНЫХ, В ТОМ ЧИСЛЕ ГИБКИХ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ ПРИ БУРЕНИИ И ВНУТРИСКВАЖИННЫХ РАБОТАХ С УЧЕТОМ ПОЛУЧЕННЫХ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ СТЕНДЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДИНАМИЧЕСКИ НАГРУЖЕННОГО СТЕРЖНЯ. РЕЗУЛЬТАТОМ ИССЛЕДОВАНИЙ ЯВЛЯЕТСЯ РАЗРАБОТАННАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ИНСТРУМЕНТА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ОЦЕНИТЬ ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ, А ИМЕННО ОСЕВЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ И ОСЕВОГО СМЕЩЕНИЯ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ НА ПОТЕРЮ УСТОЙЧИВОСТИ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ ПРОДОЛЬНЫЙ ЕЕ ИЗГИБ В СКВАЖИНЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ С УЧЕТОМ ЕЕ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НА УЧАСТКАХ СЛОЖНОПОСТРОЕННОЙ ТРАЕКТОРИИ ПРОФИЛЯ ОБЕСПЕЧИТ СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ И СОКРАТИТ НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ НА ВСЕХ ЭТАПАХ СООРУЖЕНИЯ СКВАЖИНЫ

THE USE OF COMPLEX BOREHOLE TRAJECTORIES TO ACHIEVE DESIGN SOLUTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF HARD-TO-REACH FIELDS LEADS TO THE IMPROVEMENT OF APPROACHES TO MATHEMATICAL MODELLING AND PREDICTION OF THE BEHAVIOR OF ALTERNATELY LOADED DRILLING TOOLS. THE ANALYSIS OF THE RESEARCH RESULTS HAS SHOWN THAT THE MODELS FOR DETERMINING THE CRITICAL LOAD AND THE REPRESENTATION OF STRING DEFORMATION WHILE LONGITUDINAL BENDING ARE STILL IMPERFECT. AN ATTEMPT WAS MADE TO EXPERIMENTALLY SUBSTANTIATE THE BEHAVIOR OF THE DRILL STRING AND DEVELOP A MONITORING SYSTEM THAT ALLOWS CALCULATING THE STRESS-STRAIN STATE OF THE DOWNHOLE TOOL WITH SUFFICIENT ACCURACY, AND PLOTTING DIAGRAMS OF FORCES AND MOMENTS IN DIFFERENT INTERVALS OF THE BOREHOLE PATH IN REAL TIME. MATHEMATICAL MODELLING IS CARRIED OUT ON THE EXAMPLE OF CALCULATIONS OF RECTILINEAR SHAPE STABILITY LOSS OF DRILL PIPES, INCLUDING COILED TUBING DURING DRILLING AND DOWNHOLE OPERATIONS, KNOWN IN CLASSICAL MECHANICS. WITH CONSIDERATION OF EMPIRICAL DATA OF DYNAMICALLY LOADED ROD OBTAINED ON THE TESTBED THE RESULT OF THE RESEARCH IS A DEVELOPED METHODOLOGY FOR STUDYING THE PROCESS OF ASSEMBLY BUCKLING AND THE METHODS OF CONDUCTING AN EXPERIMENT THAT ALLOWS EVALUATING THE INFLUENCE OF VIBRATIONS, NAMELY AXIAL AND LATERAL VIBRATIONS AND AXIAL DISPLACEMENT OF THE DRILL STRING ON BUCKLING, CAUSING ITS LONGITUDINAL BENDING IN THE WELL. DETERMINING THE SPATIAL CHANGE OF THE DRILL STRING POSITION, TAKING INTO ACCOUNT ITS CHANGING STRESS-STRAIN STATE IN INTERVALS OF THE COMPLEX PROFILE TRAJECTORY, WILL PROVIDE ACCIDENT REDUCTION AND REDUCE NON-PRODUCTIVE TIME

Ключевые слова: потеря устойчивости, продольный изгиб, наклонно-направленное бурение, напряженно-деформированное состояние, бурильная колонна, вибрация, динамические условия.

Двойников Михаил Владимирович

заведующий кафедрой бурения скважин, профессор, д.т.н.

Кутузов Павел Андреевич

аспирант

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II

Современное строительство нефтяных и газовых скважин осуществляется за счет механического вращательного бурения. Вращение породоразрушающего инструмента за счет верхнего силового привода или забойного двигателя с некоторой осевой нагрузкой, вызывающее ответную силу реакции со стороны забоя скважины, приводит к разрушению горной породы и проходке ствола. В связи с наличием осевой нагрузки низ бурильной колонны испытывает нагрузку сжатия. В наклонно-направленных скважинах, скважинах с горизонтальным окончанием, скважинах с большим отходом от вертикали сжимающая нагрузка может воздействовать на участок бурильной колонны значительной протяженности и при превышении критической нагрузки формируется продольный изгиб колонны от потери прямолинейной формы устойчивости. Инструмент в таком состоянии формирует значительные боковые силы, вследствие чего на производстве есть риск запирания инструмента и недохождения осевой нагрузки до долота с одновременным снижением или отсутствием механической скорости проходки. Вращение инструмента, потерявшего прямолинейную форму устойчивости, приводит к возникновению циклических знакопеременных нагрузок, то есть к повышенному усталостному износу. Поэтому в большинстве случаев рекомендуется не допускать образование синусоидального и тем более спирального изгиба бурильной колонны.

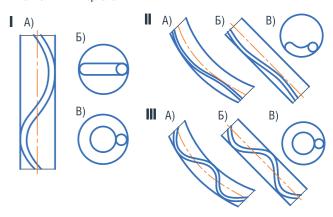
Знание о фактической деформации инструмента, в том числе о продольном изгибе, важно с позиции понимания распределения нагрузок и моментов по бурильной колонне и моделирования напряженного состояния бурильного инструмента в целях прогнозирования его прочности и долговечности. Выполнить такой прогноз на основе существующих аналитических моделей в реальных наклоннонаправленных скважинах невозможно с высокой точностью. Это связано с неопределенностями в процессе бурения — шероховатость стенок скважины, извилистость ствола, кавернозность, коэффициенты трения — и с несовершенством теоретических моделей.

После произошедшей потери прямолинейной формы устойчивости внутрискважинного инструмента происходит перераспределение нагрузок по всей колонне, поэтому идентификация данного события важна для оценки и обеспечения прочности и долговечности инструмента, а также своевременных действий по корректировке технологических параметров бурения в целях обеспечения максимальной скорости проходки без осложнений при наименьшей затраченной энергии. Очевидно, что в большинстве случаев формирование продольного изгиба — вредное явление, забирающее на себя часть подводимой для разрушения горных пород энергии.

В первую очередь вследствие продольного изгиба на инструмент будет воздействовать изгибающий момент (рис. 1) [7, 8]. Потеря прямолинейной формы устойчивости в первоначальной своей стадии выглядит как синусоидальный продольный изгиб (рис. 1.І.Б, рис. 1.ІІ), который при последующем подводе массы верхней части колонны бурильных труб, то есть при росте сжимающей нагрузки, перейдет в форму спирального изгиба (рис. 1.І.В, рис. 1.ІІІ).

РИСУНОК 1. I.A) Потеря прямолинейной формы устойчивости внутрискважинного инструмента в вертикальной скважине;

- І.Б) Сечение скважины. Продольный изгиб в одной плоскости;
- І.В) Сечение скважины. Продольный спиральный изгиб;
- II.A) Синусоидальный изгиб в искривленном стволе скважины;
- II.Б) в наклонном прямолинейном стволе; II.В) Сечение скважины. Положение инструмента при синусоидальном изгибе в наклонных интервалах; III.А) Спиральный изгиб в искривленном стволе скважины; III.Б) в наклонном прямолинейном стволе; III.В) Сечение скважины. Положение инструмента при спиральном изгибе в наклонных интервалах



Изменение осевой силы по колонне труб можно определить по формуле 1. Сумма изменения осевой силы по колонне труб и нагрузки на долоте, а также эффекта от гидравлического давления позволит определить вес на крюке.

$$\Delta F_{axial} = \Delta l(w_b \cos \theta \pm F_{\text{тр.уд}}), \tag{1}$$

где Δl — рассматриваемый интервал изменения осевой силы, м; w_b — погонный вес инструмента с учетом облегчения в буровом растворе, Н/м; θ — зенитный угол, который можно принять в качестве среднего арифметического на интервале Δl , град; $F_{\mathrm{Тр,уд}}$ — удельная сила трения на интервале Δl , Н/м. Знак удельной силы трения зависит от направления движения инструмента. Знак минус выбирается при спуске инструмента или бурении, знак плюс — при подъеме инструмента или обратной проработке.

Изменение крутящего момента по колонне труб можно определить по формуле 2. Сумма изменения крутящего момента по колонне труб и момента на долоте, а также сопротивления на вращение колонны в вязкой среде бурового раствора позволит определит крутящий момент на роторе (верхнем силовом приводе).

$$\Delta M_{\rm K} = \pm F_{\rm rp,yd} \frac{d_{\rm HM}}{2} \Delta l, \tag{2}$$

где $d_{\rm H\textsc{ii}}$ – наружный диаметр инструмента на интервале $\Delta l_{\rm i}$ м. Знак удельной силы трения зависит от места приложения и направления действия момента.

AT ALL STAGES OF WELL CONSTRUCTION

НЕФТЕСЕРВИС

При бурении с вращением всей колонны берется знак плюс, при бурении с забойным двигателем берется знак минус для учета затухания реактивного момента от забойного двигателя по стволу скважины.

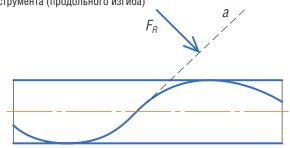
Удельная сила трения может быть определена по формуле 3.

$$F_{\text{тр.уд}} = \mu_{\text{привед}} N_{\text{сумм}}, \tag{3}$$

где $\mu_{\text{привед}}$ – коэффициент трения на участке $\Delta l;$ $N_{\text{сумм}}$ – боковые силы взаимодействия бурильного инструмента и стенки скважины.

В результате формирования продольного изгиба образуется дополнительное прижатие инструмента к стенке скважины (рисунок 2) [1]. Дополнительное прижатие формируется из-за того, что стенки скважины стремятся вернуть инструмент (линия а на рис. 2) во внутрискважинное пространство с некоторой силой F_R , как показано на рисунке. Со стороны инструмента формируется ответная реакция, приводящая к росту боковой силы взаимодействия бурильной колонны и стенки скважины, а значит и удельной силы трения. Таким образом, во вторую очередь вследствие возникновения продольного изгиба происходит перераспределение растягивающей силы (формула 1) и крутящего момента (формула 2) по стволу скважины.

РИСУНОК 2. Причина формирования дополнительной силы прижатия вследствие потери прямолинейной формы устойчивости инструмента (продольного изгиба)



В процессе бурения бурильная колонна находится в динамических условиях, то есть возникают вибрации. Особенности перекатывания шарошек у шарошечных долот порождают осевые колебания, эксцентриситет рабочего ротора и статора винтового забойного двигателя или несовершенство литья турбин турбобура порождают боковые колебания, а периодическое заклинивание долота на забое или инструмента над забоем при их вращении с последующим их резким освобождением порождают крутильные колебания [2].

Авторами данной статьи сделано предположение, что из-за совокупности причин критическая нагрузка у бурильного инструмента может быть снижена и возможна преждевременная потеря прямолинейной формы устойчивости при наличии вибраций бурильной колонны (БК). Цель данной статьи – разработать методику исследования потери прямолинейной формы устойчивости модели бурильной колонны в динамических условиях и подтвердить выдвинутую гипотезу.

Методы

Перед разработкой методики исследования влияния разноамплитудных и разночастотных колебаний на потерю прямолинейной формы устойчивости бурильной колонны следует определить из какого материала и какого диаметра необходимо использовать модели бурильной колонны при проведении экспериментов.

В первую очередь будет использована формула Эйлера для определения критической силы для стержня определенной длины $l_{\rm cr}$:

$$F_{\rm Kp} = \frac{\pi^2 EI}{l_{\rm T}^2},\tag{4}$$

где E — модуль упругости, Па; $l_{\Pi} = l_{\text{ст}} \mu_{\Pi \text{рив}}$ — приведенная длина стержня, м; $\mu_{\Pi \text{рив}}$ — коэффициент приведения заданной длины стержня к длине полуволны его изгиба в критическом состоянии; I — осевой момент инерции, в плоскости которого наиболее вероятен изгиб, м 4 . Осевой момент инерции для формы поперечного сечения в виде круга определяется по формуле 5, в виде кольца — по формуле 6.

$$I = \frac{\pi D^4}{64},\tag{5}$$

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \frac{d_{\rm BH}^4}{D^4} \right),\tag{6}$$

где D – наружный диаметр прутка или трубки, м; $d_{\mbox{\tiny BH}}$ – внутренний диаметр трубки, м.

В расчетах были рассмотрены два сплава: латунь Л63 с модулем упругости $E=1,16\cdot 10^{11}$ Па и алюминий АД31 с модулем упругости $E=0,71\cdot 10^{11}$ Па. Коэффициент приведения длины принимается равным $\mu_{\rm прив}=0,5$. В разрабатываемой методике предполагается использовать трубки и прутки. Результаты расчета представлены в таблицах 1-4.

Критическая сила $F_{\rm Kp}$, определенная по формуле 4, обозначает, что такую сжимающую нагрузку необходимо создать на стержень приведенной длины $l_{\rm II}$, чтобы вывести его из прямолинейной формы устойчивости. По мере нагружения стержня прогиб его будет увеличиваться. Из-за наличия ограничивающего цилиндра (стенок скважины) при касании стержня

ТАБЛИЦА 1. Критическая нагрузка для латунных трубок, Н

	-											
Типоразмер, мм		Длина стержня, м										
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
4×0,5	157	109	80	61	49	39	33	27	23	20	17	
5×0,5	332	230	169	130	102	83	69	58	49	42	37	
6×1	935	649	477	365	289	234	193	162	138	119	104	
7×1	1597	1109	815	624	493	399	330	277	236	204	177	
8×1	2518	1748	1285	983	777	629	520	437	372	321	280	

ТАБЛИЦА 2. Критическая нагрузка для алюминиевых трубок, Н

Типоразмер,		Длина стержня, м										
MM	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
4×0,5	96	67	49	38	30	24	20	17	14	12	11	
5×0,5	203	141	104	79	63	51	42	35	30	26	23	
6×1	572	397	292	224	177	143	118	99	85	73	64	
7×1	977	679	499	382	302	244	202	170	145	125	109	
8×1	1541	1070	786	602	476	385	318	268	228	197	171	

ТАБЛИЦА 3. Критическая нагрузка для латунных прутков, Н

Типоразмер,	Длина стержня, м										
MM	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
4	230	160	117	90	71	58	48	40	34	29	26
5	562	390	287	220	173	140	116	98	83	72	62
6	1165	809	595	455	360	291	241	202	172	149	129
7	2159	1499	1101	843	666	540	446	375	319	275	240
8	3683	2558	1879	1439	1137	921	761	639	545	470	409

ТАБЛИЦА 4. Критическая нагрузка для алюминиевых прутков, Н

Типоразмер,		Длина стержня, м										
MM	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
4	141	98	72	55	43	35	29	24	21	18	16	
5	344	239	175	134	106	86	71	60	51	44	38	
6	713	495	364	279	220	178	147	124	106	91	79	
7	1321	918	674	516	408	330	273	229	195	169	147	
8	2254	1565	1150	881	696	564	466	391	333	288	250	

(бурильной колонны) стенок продольный изгиб в одной плоскости перейдет в спиральную форму при дальнейшем нагружении. Поэтому при проведении экспериментов необходимо предусмотреть применение трубки, имитирующей ствол скважины, диаметр которой должен соответствовать геометрическому подобию отношения диаметра внутрискважинного инструмента к диаметру ствола скважины. Наиболее часто используемые бурильные трубы 127 мм могут быть в составе бурильных колонн при бурении интервалов различного диаметра: от 212,7 до 393,7 мм, в таком случае критерий подобия составит от 0,597 до 0,323 соответственно.

В лабораторном фонде Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II имеются буровые установки, однако расчеты критической нагрузки для латунных и алюминиевых стержней диаметром 4—8 мм, планируемых к использованию в качестве модели бурильной колонны, показывают, что их применение излишне. Достаточно нагружателя или привода, способного создавать нагрузку до 1500 H (таблица 5).

Методика исследования влияния вибрации на потерю прямолинейной формы устойчивости, представленная в статье, осуществляется следующим образом. Производится калибровка тензодатчика и акселерометра перед проведением серий циклов нагружения – разгружения стержня. После стержень

ТАБЛИЦА 5. Используемое оборудование и измерительная аппаратура

Материалы и оборудование	Технические характеристики	Значение
	Напряжение, В	220
	Сила тока, А	0,1
Вибромотор	Мощность, Вт	15
модели НҮ-0,1а	Максимальная частота, Гц	50
	Макс. частота вращения, об/ мин	3000
	Напряжение, В	12
Линейный	Ход, мм	250
привод AL03-12- A2-370-250-C11	Максимальная нагрузка, Н	1500
712 070 200 011	Линейная скорость, мм/с	4
	Напряжение, В	5-12
Тензодатчик колонного типа	Максимальный измеряемый вес, Н	3000
LCF-6-V	Комплексная ошибка, % F.S	0,3
	Чувствительность, мВ/В	1,3
Многоцелевой	Диапазон измерения, g	±16
датчик Witmotion	Точность, д	0,01
WT901 (в качестве	Разрешение, Бит	16
акселерометра)	Стабильность, д	0,005

НЕФТЕСЕРВИС

устанавливается внутрь трубки из оргстекла, имитирующей ствол скважины, и за счет выдвижения платформы, на которую опирается стержень, штоком привода подводится до верхнего упора без деформации.

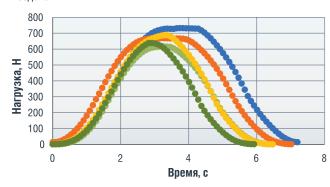
Проводится серия циклов нагружения – разгружения стержня без вибрационного воздействия. Нагружение – разгружение стержня производится в диапазоне деформации согласно заранее нанесенным рискам на стержне с помощью актуатора, рассчитанного на максимальную нагрузку в 1500 Н. Нижняя риска доходит до низа ствола скважины при сжатии, верхняя – при разгрузке. Положение нижней риски внизу ствола скважины соответствует четырем – трем полуволнам, образуемым стержнем, в зависимости от диаметра и материала используемого стержня. Под полуволной понимается поворот спирали на 180°, так как после первого касания моделью бурильной колонны стенки скважины наблюдается характер спирального изгиба. В процессе нагружения – разгружения тензодатчик фиксирует изменение сжимающей нагрузки, действующей на стержень по мере его деформации от выдвижения штока актуатора.

Включается акселерометр и вибромотор. При заданной частоте вращения вибромотора проводится серия циклов нагружения – разгружения. В процессе нагружения – разгружения тензодатчик фиксирует изменение сжимающей нагрузки, акселерометр фиксирует виброускорения в трех осях Ох, Оу, Оz. Из-за вращения эксцентриков вибромотора в одной плоскости вибрации должны действовать по двум осям Оz, соответствующей оси модели бурильной колонны, и в оси Оу, то есть формируя поперечные колебания для модели БК.

Результаты

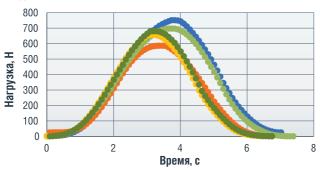
На рисунке 3 представлены данные, зафиксированные тензодатчиком в ходе серии циклов нагружения – разгружения стержня без вибрационного воздействия, на рисунке 4 — данные серии циклов нагружения – разгружения с одним из уровней вибрационного воздействия.

РИСУНОК 3. Серия циклов нагружения – разгружения латунного прутка с диаметром 4 мм и длиной \approx 1 м без вибрационного воздействия



- 1 цикл нагружения-разгружения
- 2 цикл нагружения-разгружения
- 3 цикл нагружения-разгружения
- 4 цикл нагружений-разгружений
- 5 цикл нагружений-разгружений

РИСУНОК 4. Серия циклов нагружения – разгружения латунного прутка с диаметром 4 мм и длиной ≈1 м с вибрационным воздействием



- 1 цикл нагружения-разгружения
- 2 цикл нагружения-разгружения
- 3 цикл нагружения-разгружения
- 4 цикл нагружений-разгружений
- 5 цикл нагружений-разгружений

Производится обработка результатов эксперимента. На примере графиков из рисунков 3—4 были определены производные функций изменения нагрузки от времени на линейных участках путем линейной аппроксимации, как показано на рисунке 5 и представлено в табличной форме (таблица 6).

ТАБЛИЦА 6. Сравнение производных изменения функции нагрузки от времени серий нагружений без вибраций и с вибрациями

Номер нагружения	Производная <i>P'_{ax.load}(t</i>), H/c					
в серии	без вибраций	с вибрациями				
1	394,58	349,45				
2	383,42	344,29				
3	382,44	325,08				
4	379,67	354,55				
5	385,29	351,9				
Среднее арифметическое	385,08	345,05				

Таблица 6 показывает, что с рассматриваемым уровнем вибрационного воздействия среднее арифметическое производной всех циклов нагружения серии меньше на 10,4%, чем без него. Снижение значения производной наблюдается для проведенных серий циклов нагружения – разгружения с другими уровнями вибрационного воздействия, что подтверждает влияние вибраций на продольный изгиб модели бурильной колонны.

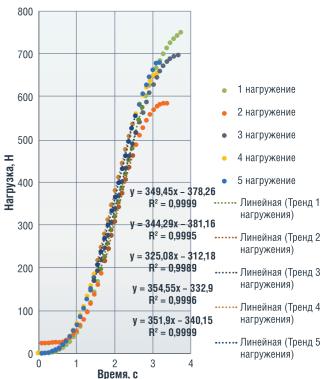
Обсуждение

В ходе эксперимента было обнаружено, что стержень, модель БК, изгибается в одной плоскости только до момента касания стенок модели ствола скважины. После касания начинают формироваться две «полуволны» и наблюдается характер спирального изгиба.

После этого момента, когда стержень начнет создавать боковую нагрузку на стенку скважины, и далее вследствие малого диаметра модели ствола скважины,

РИСУНОК 5. Сравнение производных функций увеличения нагрузки от времени без вибрационного воздействия (слева) и с вибрационным воздействием (справа)





то есть трубки из оргстекла с наружным диаметром 16 мм и толщиной стенки 2 мм, она может изгибаться, поэтому в приведенной методике используются дополнительные ребра жесткости.

Формирование спирального изгиба связано с характером геометрии ограничивающих продольный изгиб условий, а именно цилиндрической стенки скважины. Для прогнозирования нагрузки, образовавшей спиральный изгиб бурильной колонны (модели) с определенным шагом винтовой линии (длиной «волны») p, в вертикальном стволе (модели ствола) можно воспользоваться формулой (7) [3]:

$$P_{ax,load} = \frac{8\pi^2 EI}{p^2},\tag{7}$$

Во время проведения эксперимента стало очевидным, что при прижатии модели бурильной колонны к стенке скважины должны формироваться силы трения, что ранее и описывалось в статье, поэтому как и отмечается авторами различных трудов, в формуле 7 корректнее было учитывать наличие сил трения F_f , возникающих от формирования дополнительной силы прижатия (формула 8) [6]:

$$F = \frac{8\pi^2 EI}{p^2} + F_f. \tag{8}$$

Стоит обратить внимание, что в формулах 9-10 и 13-14, часто используемых в производстве, не учитывается влияние сил трения [5].

Критическая сила, приводящая к началу формирования синусоидального изгиба бурильной колонны в искривленном стволе скважины:

$$F_{s} = \frac{2EI}{rR} \left[1 - \frac{r}{2R} + \sqrt{1 + \frac{w_b \sin(\theta) rR^2}{EI} - \frac{r}{R}} \right],$$

где r – радиальный зазор между бурильным инструментом и стенкой скважины, м; R – радиус искривления ствола скважины, м.

Критическая сила, приводящая к формированию спирального изгиба бурильной колонны в искривленном стволе скважины:

$$F_h = \frac{8EI}{rR} \left[1 - \frac{r}{4R} + \sqrt{1 + \frac{w_b \sin(\theta) rR^2}{2EI} - \frac{r}{2R}} \right], \quad (10)$$

Если раскрыть скобки и принять, что радиус изгиба равен бесконечности $R=\infty$ (формулы 11–12), то можно получить соответствующие формулы критических нагрузок для наклонных прямолинейных стволов

$$F_{s} = \frac{2E}{R} \left(-\frac{E}{R^{2}} + \sqrt{\frac{4E^{2}R^{2}}{r^{2}R^{2}}} + \frac{4EIw_{b}\sin(\theta)}{r} - \frac{4E^{2}R^{2}}{rR^{3}}, (11) \right)$$

$$F_h = \frac{8E}{rR} - \frac{0}{R^2} + \frac{0}{R^2} + \frac{0}{64E^2I^2} + \frac{32EIw_b \sin(\theta)}{r} - \frac{32E^2I^2}{rR^3}, \quad (12)$$

$$F_s = 2\sqrt{\frac{EIw_b \sin(\theta)}{r}},\tag{13}$$

$$F_h = 4\sqrt{\frac{2EIw_b\sin(\theta)}{r}}. (14)$$

Существуют научные труды, в которых авторы подтверждают влияние силы трения на критическую нагрузку синусоидального и спирального изгибов [4]. В научном труде [4] снижение сил трения осуществлялось за счет создания вибраций на ограничивающую изгиб стержня трубки, то есть модели ствола скважины. В нашей разрабатываемой методике вибрации создаются на платформе, сжимающей

стержень, как будто бы источником вибраций является КНБК и бурильная колонна. Стоит обратить внимание, что вибрации практически всегда присутствуют при бурении, что не учитывается авторами статьи [4]. В проведенных нами экспериментах рассматривается случай, когда модель бурильной колонны не вращается, что справедливо при бурении с забойными двигателями. При бурении с забойными двигателями могут формироваться поперечные колебания от эксцентриситета ротора и статора ВЗД или неточности литья турбинок турбобура, так и продольные колебания при разрушении горной породы шарошечными долотами. Таким образом, мы, авторский коллектив, предполагаем, что первый механизм снижения критический нагрузки от влияния вибрации связан со снижением сил трения между бурильным инструментом и стенкой скважины, что особенно актуально учитывать в наклонных и искривленных стволах, а также при уже образовавшемся продольном изгибе с прижатием к стенкам скважины и последующем нагружении бурильной колонны. Второй механизм снижения критической нагрузки предполагаемо связан с наличием начального эксцентриситета, мгновенного прогиба колонны от воздействия вибраций, облегчающего формирование дальнейшего продольного изгиба при нагружении. Третий механизм предполагаемо связан с образованием повышенных мгновенных сил и моментов: поперечных от воздействия поперечных вибраций, осевых от воздействия осевых вибраций и крутящего момента от крутильных колебаний. Влияние крутящего момента не рассматривается в текущей статье.

В статье рассматривалось изменение нагрузки во времени. Более информативный результат можно получить при построении графиков нагрузки от степени выдвижения штока актуатора, то есть линейной деформации модели бурильной колонны относительно ее оси. Для этого в разработанную методику следует добавить использование датчика положения штока и программно управляемый привод.

С учетом приведенных выше размышлений для оценки влияния вибраций на потерю устойчивости можно предложить следующую методику проведения эксперимента:

- 1. Стержень при выключенном вибромоторе, то есть в статических условиях, нагружается вплоть до спирального изгиба с несколькими «полуволнами» (полуспирали).
- 2. При выдвижении штока на требуемую длину осуществляется разгрузка со снятием упругих деформаций изгиба.
- 3. Во время цикла нагружения—разгружения производится замер веса тензодатчиком и строится зависимость веса на тензодатчике $P_{ax.load}$ от хода линейного привода $\Delta S_{\text{ход}}$ или от времени проведения эксперимента, производится несколько опытов нагружения—разгружения для повышения точности проведения эксперимента.
- 4. Производится повторная серия циклов нагрузки разгрузки стержня при включенном вибромоторе с постоянным виброускорением и частотой вращения эксцентриков вибромотора с замером виброускорения по акселерометру и веса на тензодатчике.
- 5. Проивзодится несколько циклов нагрузки разгрузки при разной частоте вращения вибромотора.

6. Сравниваются графики зависимости $P_{ax.load} \sim \Delta S_{xog}$ при разных значениях виброускорения G и частоты колебаний v.

Выводы

- Разрабатываемая система мониторинга напряженнодеформированного состояния БК должна учитывать и нивелировать неопределенности бурения и несовершенства аналитических моделей.
- Аналитические модели определения критической нагрузки, ровно как прогнозирование деформации инструмента от продольного изгиба, до сих пор остаются несовершенными, но не учитывающими влияние сил трения между бурильной колонной и стенками скважины, вращения бурильной колонны, крутящего момента, действующего на внутрискважинный инструмент, и вибрации, то есть нахождение БК в динамических условиях.
- Система прямых измерений не требует применения аналитических моделей. Второй способ реализации систем мониторинга через аналитические модели и анализ косвенных факторов требует дальнейшей доработки аналитических моделей и адаптации под условия бурения, то есть использование конкретной модели под конкретные условия или события.
- Разработана методика оценки влияния вибраций на потерю прямолинейной формы устойчивости бурильной колонн.
- Было обнаружено, что вибрации влияют на поведение инструмента при продольном изгибе и снижают критическую нагрузку.
- Необходимо и далее проводить исследования в данном направлении, в том числе в исследовании потери устойчивости бурильной колонны в динамических условиях: получение зависимостей изменения нагрузки от осевого смещения модели БК с учетом вибрационного воздействия, крутящего момента и крутильных колебаний, вращения модели БК.

Литература

- 1. Кирсанов А.Н. Буровые машины и механизмы / А.Н. Кирсанов, В.П. Зиненко, В.Г. Кардыш. М.: Недра, 1981. 448 с.
- Aarsnes U.J.F. Estimating friction factors while drilling / U.J.F. Aarsnes, J. Auriol, F.D. Meglio et al. / Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – Vol. 179, № January. – P. 80 – 91. DOI: 10.1016/j.petrol.2019.04.014
- Lubinski A. Helical Buckling of Tubing Sealed in Packers /A. Lubinski, W.S. Althouse / Journal of Petroleum Technology. – 1962. – Vol. 14, № 06. – P. 655–670. DOI: 10.2118/178-PA.
- McCann R.C. Experimental study of curvature and frictional effects on Buckling / R.C. McCann, P.V.R. Suryanarayana / Proceedings Annular Offshore Technology Conference. – 1994. – P. 511 – 521. DOI: 10.4043/7568-MS.
- Qiu W. Drill pipe/coiled tubing buckling analysis in a hole of constant curvature / W. Qiu, S. Miska, L. Volk / Proceedings Permian Basin Oil Gas Recovery Conference. – 1998. – P. 385–389. DOI: 10.2118/39795-MS.
- Tan X.C. Buckling of slender string in cylindrical tube under axial load: Experiments and theoretical analysis / X.C. Tan, B. Forsman / Experimental Mechanics. – 1995. – Vol. 35, № 1. – P. 55–60.
- 7. Zhang Q. Post-buckling transition of compressed pipe strings in horizontal wellbores / Q. Zhang, J. Wiang, W. Cui et al. / Ocean Engineering. 2020. Vol. 197, Ne November 2019. P. 106880. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.106880
- Zhu Z.L. Buckling behavior and axial load transfer assessment of coiled tubing with initial curvature in an inclined well / Z.L. Zhu, Z. Liang, Y.Hu / Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2019. – Vol. 173, № August 2018. – P. 136–145. DOI: 10.1016/j.petrol.2018.10.021.

KEYWORDS: buckling, longitudinal bending, directional drilling, stressstrain state, drill string, vibration, dynamic conditions.



16-19 СЕНТЯБРЯ 2024, ТЮМЕНЬ

Объединяем лидеров нефтегазовой промышленности

Промышленно-энергетический форум TNF

ОРГАНИЗАТОРЫ





КОНТАКТЫ



OILGASFORUM.RU



@OILGASFORUM_TNF

Самая актуальная информация о форуме в Telegram-канале



Промышленность

Формирование модели взаимодействия промышленности и ТЭК



Технологии

Презентация новейших технологических разработок отрасли



Решения

Внедрение лучших отраслевых практик и инициатив

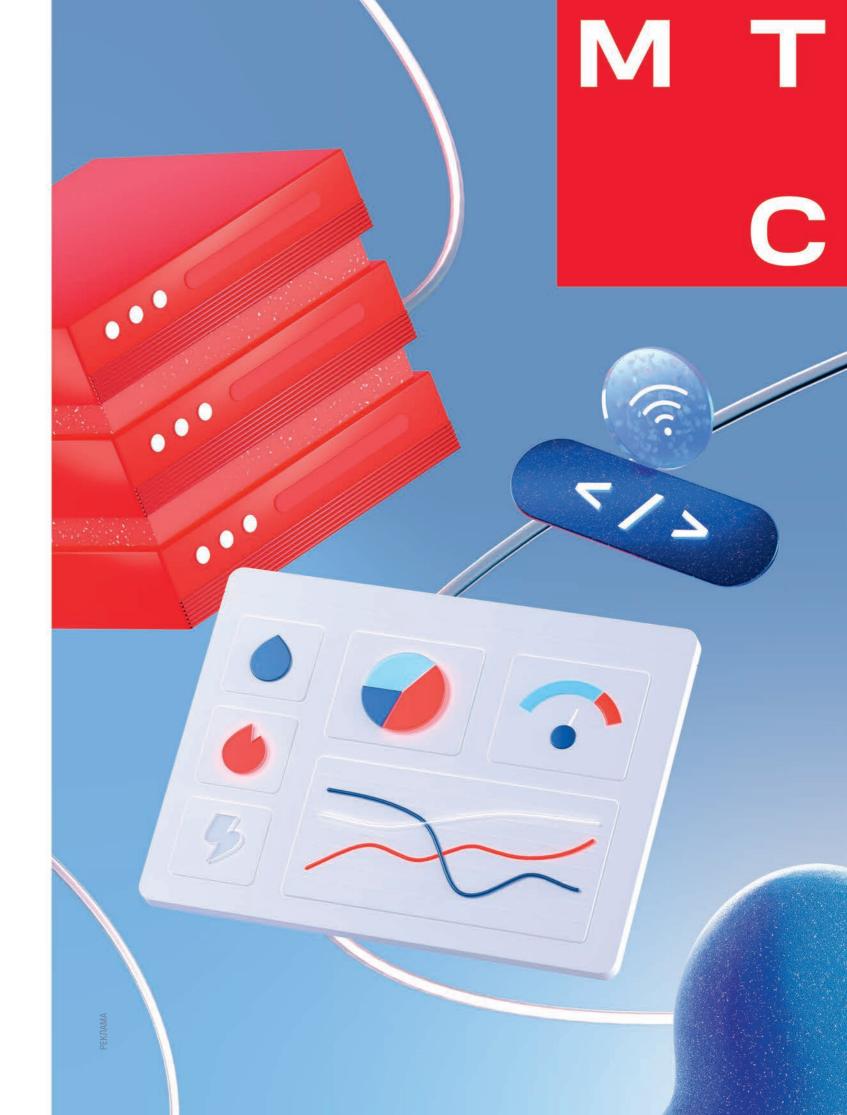
БИЗНЕС

ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Технологии

Безопасность

Автоматизация





ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕПАРАЦИИ

на приеме погружного электроцентробежного насоса

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ НАКОПЛЕН БОЛЬШОЙ ОПЫТ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ ГАЗА В ОКОЛОПРИЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СКВАЖИНЫ. РЕЗУЛЬТАТОМ КОТОРЫХ ЯВЛЯЮТСЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА СЕПАРАЦИИ [1, 5-9, 12, 15-17]. НО МАЛОИЗУЧЕННЫМИ ЯВЛЯЮТСЯ ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННО В ОКОЛОПРИЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СКВАЖИНЫ. НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ИНТЕРЕС ПРЕДСТАВЛЯЕТ МЕХАНИЗМ ОТДЕЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ ПУЗЫРЬКОВ ИЗ МНОГОФАЗНОГО ПОТОКА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРЫ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ У ПРИЕМНОЙ СЕТКИ НАСОСА, ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РЕЖИМА РАБОТЫ НАСОСА, НАПРИМЕР, С УСТАНОВИВШЕГОСЯ НА ПЕРИОДИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОТКАЧКИ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СМЕСИ [10, 18], В ТОМ ЧИСЛЕ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ЕСТЕСТВЕННАЯ СЕПАРАЦИЯ НА ПРИЕМЕ УЭЦН ВЛИЯЕТ НА ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ ДОБЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ: «ПЛАСТ – СКВАЖИНА – НАСОС – ПОДЪЕМНИК». ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕПАРАЦИИ ТРЕБУЕТСЯ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ОТКЛОНЕНИЯ ОТ НАЧАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СКВАЖИНЫ, НАПРИМЕР, ПРИ НАСТУПЛЕНИИ ФОНТАНИРОВАНИЯ СКВАЖИННОЙ ПРОДУКЦИИ ПО ЗАТРУБНОМУ ПРОСТРАНСТВУ СКВАЖИНЫ [14]; НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОСЕПАРАТОРА В СОСТАВЕ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ [2, 4]; ОЦЕНКИ И ПРИНЯТИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДОБЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ [10, 11]. В СТАТЬЕ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СТЕНДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА В ОКОЛОПРИЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ МОДЕЛИ СКВАЖИНЫ ПОКАЗАНО, ЧТО СУЩЕСТВУЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОМЫСЛОВОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ И КОРРЕКТИРОВКИ МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕПАРАЦИИ КАК ДЛЯ УСЛОВНО СТАЦИОНАРНЫХ, ТАК И ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДОБЫВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ. КРОМЕ ТОГО, СУЩЕСТВУЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗРАБОТКИ УПРОЩЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕПАРАЦИИ ДЛЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СКВАЖИНЫ, ОБОРУДОВАННОЙ УЭЦН

CURRENTLY, A GREAT DEAL OF EXPERIENCE HAS BEEN OBTAINED IN THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCH TO STUDY GAS SEPARATION PROCESSES IN THE NEAR-INTAKE SPACE OF A WELL, RESULTING IN METHODS FOR CALCULATING THE SEPARATION COEFFICIENT [1, 5-9, 12, 15-17]. DESPITE SIGNIFICANT ACHIEVEMENTS IN THE FIELD OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF GAS SEPARATION, THE PROCESSES OCCURRING DIRECTLY AT THE PUMP INTAKE ARE POORLY STUDIED. THE MECHANISM OF GAS BUBBLES SEPARATION FROM MULTIPHASE FLOW IS OF SCIENTIFIC AND PRACTICAL INTEREST WHEN THE STRUCTURE OF THE GAS-LIQUID MIXTURE CHANGES AT THE PUMP INTAKE SCREEN, WHEN THE PUMP OPERATION MODE CHANGES, FOR EXAMPLE, FROM STEADY-STATE TO PERIODIC MODE OF GAS-LIQUID MIXTURE PUMPING [10, 18], INCLUDING THE IMPACT OF SOLID PHASE OF DIFFERENT NATURE AND QUANTITATIVE CHARACTERISTICS. NATURAL SEPARATION AT THE ESP INTAKE AFFECTS THE PARAMETERS OF THE PRODUCTION SYSTEM OPERATION: "FORMATION - WELL - PUMP - TUBING". DETERMINATION OF NATURAL SEPARATION IS REQUIRED TO EXPLAIN POSSIBLE CAUSES OF DEVIATION FROM THE INITIAL MODE OF WELL OPERATION, FOR EXAMPLE, AT THE ONSET OF THE WELL PRODUCTION SELF-FLOWING THROUGH THE ANNULAR SPACE [14]; THE NEED TO USE A GAS SEPARATOR [2, 4]: ESTIMATING OF OPTIMIZATION SOLUTIONS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION SYSTEM [10, 11]. BASED ON THE RESULTS OF BENCH STUDIES OF NATURAL GAS SEPARATION IN THE NEAR-INTAKE SPACE OF THE WELL MODEL. THE ARTICLE SHOWS THERE IS A NEED FOR FIELD AND EXPERIMENTAL VERIFICATION AND ADJUSTMENT OF METHODS TO PREDICT NATURAL SEPARATION FOR BOTH CONVENTIONALLY STATIONARY AND PERIODIC MODES OF THE PRODUCTION SYSTEM. MOREOVER, THERE IS A NEED TO DEVELOP A SIMPLIFIED AND ROBUST METHODOLOGY AND PROCEDURE FOR CALCULATING THE NATURAL SEPARATION COEFFICIENT FOR PERIODIC MODES OF OPERATION OF A WELL EQUIPPED WITH ESP

Ключевые слова: естественная сепарация газа, периодическая эксплуатация, механизированная добыча, электроцентробежный насос, приемная сетка, добывающая скважина, экспериментальные исследования, многофазный поток, газожидкостная смесь, структура смеси.



Иванов
Владимир Анатольевич
магистрант кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений»,
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



Вербицкий Владимир Сергеевич доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к.т.н.



Хабибуллин Ринат Альфредович доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений», РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к.т.н.



Горидько Кирилл Александрович главный технолог управления развития инноваций и сопровождения ТРИЗ, 000 «РН-БашНИПИнефть», к.т.н.



Никонов Евгений Игоревич старший инженер по подбору оборудования компании Lex, 04.3

Естественная сепарация газа на приеме установки электроцентробежного насоса (УЭЦН) заключается в разделении общего потока газа, пришедшего к приему насоса, на две составляющие: одна часть газа поступает во входной модуль УЭЦН через приемную сетку, другая часть газа, минуя приемную сетку, устремляется в затрубное пространство скважины.

Сепарационные процессы у приема УЭЦН определяют эффективность работы добывающей системы «пласт – скважина – насос – подъемник», с учетом оценки эффективности работы насоса, характера распределения давления в насосно-компрессорных трубах (НКТ) и затрубном пространстве скважины, целесообразности применения газосепаратора, определения газлифтного эффекта в различных элементах добывающей системы. Таким образом, естественная сепарация газа является важным условием при подборе внутрискважинного оборудования, определении эффективного способа эксплуатации скважин и планировании их режимов работы

Естественная сепарация газа зависит от множества различных факторов: геометрических характеристик скважины и погружного оборудования; расположения

приемного модуля относительно интервала перфорации; формы приемной сетки насоса; физико-химических и технологических характеристик скважинной продукции; структуры газожидкостной смеси (ГЖС); режима работы насоса и других параметров.

Коэффициент естественной сепарации $K_{\rm EC}$ можно описать следующим выражением (1):

$$K_{\rm EC} = \frac{Q_{\rm r}^{\rm 3aTp}(P_{\rm np}, T_{\rm np})}{Q_{\rm r}^{\rm np}(P_{\rm np}, T_{\rm np})} \tag{1}$$

где $Q_{\Gamma}^{3\text{атр}}(P_{\text{пр}}, T_{\text{пр}})$ – объемный расход свободного газа, поступившего в результате естественной сепарации в затрубное пространство скважины, при термобарических условиях приема УЭЦН, м³/сут; $Q_{\Gamma}^{\text{пр}}(P_{\Gamma}, T_{\Gamma})$ объемини в расход срободного

 $Q_{\Gamma}^{\rm mp}(P_{\rm np},T_{\rm np})$ – объемный расход свободного газа, поступившего на прием (до сепарации), при термобарических условиях приема УЭЦН, м³/сут; $P_{\rm np}$ – давление на приеме УЭЦН; $T_{\rm np}$ – температура на приеме УЭЦН.

Результаты исследований естественной сепарации газа в околоприемном пространстве скважины подробно представлены в работах Волкова М.Г., Гуревича А.С., Ляпкова П.Д., Мищенко И.Т., Михайлова В.Г., Пашали А.А., Шакирова А.М., Alhanati F.J.S., Marquez R., Serrano J.C. и других исследователей.

Предложенные разными исследователями модели расчета $K_{\rm EC}$ отличаются подходами: механистические модели (Волков М.Г. и Михайлов В.Г. [1], Пашали А.А. и Михайлов В.Г. [9], Marquez R. [15]) и экспериментальные модели [5–8, 12, 16, 17]. В разных моделях учитываются различные режимы движения потока флюидов: сонаправленное движение газа и жидкости (для скважин постоянно действующего фонда – модели [1, 5–8, 12, 15–17]), противонаправленное (реверсивное) движение газа и жидкости (для скважин с УЭЦН, расположенным ниже интервала перфорации [9], или при выводе скважины на режим и в переходном процессе [1]). Также модели можно разделить на стационарные [5–9, 12, 15–17] и квазистационарные [1].

При этом естественная сепарация газа в околоприемном пространстве скважины остается одним из малоизученных и трудно прогнозируемых внутрискважинных процессов. Поэтому исследование естественной сепарации газа в скважинах с УЭЦН, работающих как в «условно стационарных», так и в периодических режимах, является актуальной задачей.

Для расчета естественной сепарации стационарных режимов работы насоса используются сонаправленные эмпирические [5–8, 12, 16, 17] и механистические [15] корреляции, а также реверсивная корреляция Пашали – Михайлова [9] при расположении приемной сетки насоса ниже интервала перфорации скважины.

Для расчета естественной сепарации периодических режимов необходимо, чтобы корреляция описывала процесс реверсивного течения жидкости и газа в затрубном пространстве скважины над приемной сеткой насоса. Реверсивное течение учитывается лишь в двух из вышеописанных корреляций [1] и [9], однако корреляция [9] предназначена для случая расположения приемной сетки насоса ниже интервала перфорации и в явном виде не подходит для описания периодических режимов работы

ДОБЫЧА

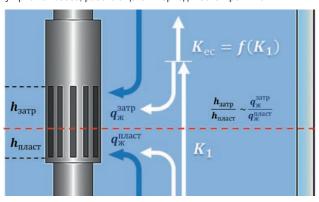
скважин при расположении насосного оборудования выше интервала перфорации. Для прогнозирования коэффициента естественной сепарации периодических режимов работы УЭЦН наиболее корректной является методика [1], поскольку она учитывает необходимые переходные процессы при изменении режима работы УЭЦН во времени. В частности, с ее помощью можно учесть тот факт, что общий поток жидкости, поступающий на прием насоса, работающего в режиме периодического кратковременного включения (ПКВ), складывается из двух потоков жидкости:

1) поток жидкости, поступающий из пласта (восходящий поток); 2) поток жидкости из затрубного пространства скважины (нисходящий поток). Данная особенность влияет на расчет траекторий движения

Концептуальная схема потоков жидкости и газа у приема насоса, работающего в периодическом режиме, приведена на рисунке 1. Красной пунктирной линией указана граница, разделяющая область приема на нижнюю (восходящий поток) и верхнюю (нисходящий поток) части. Для нижней части естественную сепарацию K_1 допустимо рассчитывать по сонаправленной корреляции (например, Marquez). Для расчета суммарного коэффициента естественной сепарации в верхней части $K_{\rm EC}$ необходима реверсивная расчетная модель.

газовых пузырьков в области приема насоса.

РИСУНОК 1. Концептуальная схема потоков жидкости и газа у приема насоса, работающего в периодическом режиме



Методика [1] основана на механистической корреляции [15] и экспериментальных данных, использованных при ее настройке, следовательно, возникает практический интерес проверки методики [1] по фактическим данным периодической эксплуатации скважин. Механистические корреляции [1] и [15] описываются достаточно сложной математикой, что может являться ограничением при их использовании в решении инженерных задач. В связи с этим одной из задач исследований является поиск простых математических моделей, описывающих естественную сепарацию для периодических режимов работы УЭЦН, основанной на результатах экспериментальных испытаний модели скважины и промысловой статистики периодической эксплуатации скважин.

Механистическая модель Marquez

В работе [15] автор описал механистическую модель естественной сепарации газа на приеме УЭЦН. Данная модель основана на определении траектории движения газового пузырька у приемной сетки насоса, с учетом

баланса сил, действующих на газовый пузырек в вертикальном и радиальном направлениях.

 $K_{\rm EC}$ в механистической корреляции [15] определяется по формуле (2):

 $K_{\text{EC}} = \frac{r_c^2 - r_s^2}{r_c^2 - r_p^2} \tag{2}$

где r_c — внутренний радиус эксплуатационной колонны, м; r_p — внешний радиус приемной сетки УЭЦН, м; r_s — критический радиус сепарации — максимальный радиус, при котором газовый пузырек поступает в приемную сетку насоса (верхняя точка приемного устройства), м.

Для определения траектории движения пузырьков газа в корреляции [15] применяется уравнение (3). В указанной корреляции необходимо учитывать размеры газовых пузырьков. Автор методики предлагает использовать вместо радиуса газового пузырька параметр «межфазной характеристической длины» – l_i , имеющий схожий физический смысл и настроенный при помощи экспериментальных данных TUALP [15].

$$\frac{dr}{dz} = -54 \frac{\mu_{\text{m}}}{l_i^2} \frac{1}{(\rho_{\text{m}} - \rho_{\text{r}})g} \left(r_p + \frac{h_i}{h_p} (r_c - r_p) \right) \tan(\beta) v_{\text{mz}}^i
\left(\frac{2}{9} \frac{l_i^2 \rho_{\text{m}}}{\mu_{\text{m}}} \frac{1}{r^3} \left(r_p + \frac{h_i}{h_p} (r_c - r_p) \right) \tan(\beta) v_{\text{mz}}^i + \frac{1}{r} \right)$$
(3)

где r — радиальная координата, м; z — осевая координата, м; h_p — высота приемной сетки, м; h_i — высота части приемной сетки, в которую поступает i-ая траектория жидкости, м; β — угол, который определяется наклоном прямой, проходящей через точки изменения направления с осевого на радиальное для линий тока жидкости у приема насоса; $v_{\rm жz}^i$ — истинная скорость жидкости в вертикальном направлении для i-ой траектории, м/с; $\mu_{\rm ж}$ — вязкость жидкости, Па*с; $\rho_{\rm ж}$ — плотность жидкости, кг/м³; $\rho_{\rm r}$ — плотность газа, кг/м³.

В механистической корреляции Marquez для расчета «межфазной характеристической длины» в общем случае используется следующая формула (4):

случае используется следующая формула (4):
$$l_i = \frac{3}{71,617 \cdot (1-e^{-2.368 \cdot \overline{\nu}_\Gamma})} \cdot \frac{\overline{\nu}_\Gamma}{\overline{\nu}_\Gamma + \nu_{\text{дгв}}} \tag{4}$$

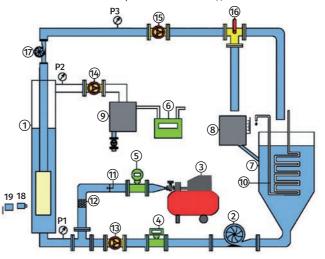
где $\overline{v}_{\scriptscriptstyle \Gamma}$ – приведенная скорость газа; $v_{\scriptscriptstyle {\rm Д}^{\scriptscriptstyle {\rm PB}}}$ – скорость дрейфа газа в вертикальном направлении.

Экспериментальные исследования естественной сепарации

С целью визуализации процесса сепарации газа в околоприемном пространстве модели скважины проведены исследования на экспериментальном стенде, моделирующем работу механизированной скважины с условно-радиальным входом со стационарными сонаправленными режимами потоков. Проведена обработка результатов замеров расходов газа через НКТ и затрубное пространство для различных режимов. Проведена обработка высокоскоростной видеосъемки области приема ЭЦН для различных режимов его работы на двух разных модельных смесях: «Вода — Воздух» и «Вода — ПАВ — Воздух» для сопоставления визуально измеренного количества газа (пузырьков) ушедших в затрубное пространство с инструментальным замером.

Исследования естественной сепарации газа (воздуха) в околоприемном пространстве модели скважины проводили на экспериментальном стенде, разработанном и созданном в рамках диссертационных исследований Никонова Е.И., на кафедре разработки и эксплуатации нефтяных месторождений РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина (рисунок 2).

РИСУНОК 2. Схема экспериментального стенда



1 – модель скважины; 2 – подпорный насос; 3 – компрессор; 4 – расходомер жидкости; 5 – реометрический стенд; 6 – газовый счетчик; 7 – емкость накопительная; 8 – мерный бак для измерения объема жидкости; 9 – каплеуловитель; 10 – змеевик охлаждения; 11 – обратный клапан; 12 – фильтр; 13, 14, 15 – краны; 16 – трехходовой кран; 17 – насос;

18 – высокоскоростная камера; 19 – персональный компьютер

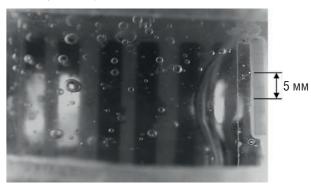
Методика проведения экспериментов выглядит следующим образом. Накопительная емкость 7 наполняется водой до определенного уровня, обеспечивающего безопасный запуск стенда в работу. При помощи подпорного насоса 2 поддерживается начальный статический уровень жидкости. Жидкость из модели скважины откачивается электроцентробежным насосом 17 при согласовании режимов работы насосов 17 и 2 для достижения установившегося режима работы системы: «подпорный насос 2 – модель скважины 1 – приемный модуль – труба – насос 17». Расход жидкости подпорного насоса 2 фиксируется ультразвуковым расходомером 4 или мерной емкостью 8 путем переключения потока ГЖС с накопительной емкости 7 в мерную емкость 8 при помощи трехходового крана 16. После проведения измерений расхода жидкости положение трехходового крана 16 возвращают в исходное положение, чтобы поток ГЖС был направлен в накопительную емкость 7. С целью поддержания заданной температуры жидкости, которая циркулирует в системе экспериментального стенда, предусмотрен контур охлаждения 10.

При помощи компрессора 3 воздух нагнетается в линию подачи жидкости таким образом, чтобы при заданном давлении P1 естественным образом формировалась газожидкостная смесь, для этого в линии подачи газа установлен угольный фильтр 12, погруженный в жидкость. Подъем жидкости в линии подачи воздуха ограничивается высотой

установки обратного клапана 11. Измерение высоконапорного воздуха обеспечивается при помощи специализированного реометрического стенда 5. Движение сепарированного воздуха регулируется при помощи крана 14, затем воздух направляется в каплеуловитель 9 и газовый счетчик 6 для измерения расхода отсепарированного воздуха.

Съемка видео обеспечивалась при помощи высокоскоростной видеокамеры 18 «Phantom Miro eX4» с частотой кадров 500 – 1000 fps и персонального компьютера 19. Благодаря этому удалось отследить траектории движения единичных газовых пузырьков, их размеры, а также рассчитать коэффициент естественной сепарации для различных режимов на основе видеофиксации объемов газа, направляющихся в затрубное пространство и в приемную сетку насоса. Также для сопоставления с полученными из видео результатами проводились замеры расходов газа для расчета фактического коэффициента естественной сепарации. На рисунке 3 представлен видеокадр для одного из зафиксированных режимов. Основные геометрические характеристики стенда: внутренний диаметр эксплуатационной колонны D_{3K} = 80 мм, внешний диаметр эксплуатационной сетки насоса $d_{\text{сетки}} = 64 \text{ MM}.$

РИСУНОК 3. Видеокадр движения ГЖС «Вода – ПАВ – Воздух» (режим № 5) в околоприемной области модели скважины



Описание режимов работы стенда

Эксперименты проводили для двух модельных ГЖС: «Вода — Воздух» и «Вода — ПАВ — Воздух», в том числе с добавлением твердых частиц в поток¹. При помощи модельной смеси «Вода — Воздух» моделируется режим работы околоприемной области скважины, продукцией которой является маловязкая жидкость с низкими пенообразующими свойствами и свободным газом. В соответствии с исследованиями в работе [3] модельная ГЖС «Вода — ПАВ — Воздух» позволяет создать аналогичные условия для изучения работы газожидкостного потока низкообводненной маловязкой нефтегазовой смеси или водонефтегазовой смеси с высокой пенообразующей способностью, внешней фазой которых является нефть.

В качестве жидкости использовалась техническая вода (поверхностное натяжение на границе раздела «Вода — Воздух» составляет 0,072 Н/м). В качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) использовался

В настоящей работе влияние твердой фазы на естественную сепарацию не представлено.

ДОБЫЧА

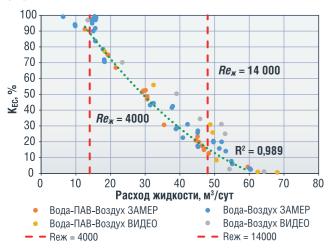
деэмульгатор «Дисолван 4411» с объемной концентрацией 0,05% (поверхностное натяжение на границе раздела раствора жидкой фазы «Вода – ПАВ» и газовой фазы «Воздух» составляет 0,043 Н/м).

Экспериментальные исследования проводились при регулировании параметра объемного расходного газосодержания на приеме ($\beta_{\rm r}$) в диапазоне значений 11–71%, подачи по жидкости ($q_{\rm ж}$) в диапазоне значений 13–68 м³/сут, избыточное давление на забое ($P_{\rm r}$) во всех экспериментах поддерживали в диапазоне значений 0,04–0,05 МПа.

Сравнение теоретической и экспериментальной естественной сепарации

Результаты обработки экспериментальных данных оформлены в виде зависимости коэффициента сепарации от подачи жидкости для различных модельных смесей и различных способов определения коэффициента сепарации (рисунок 4).

РИСУНОК 4. Экспериментальное определение $K_{\rm EC}$ для различных режимов движения ГЖС в околоприемном пространстве модели скважины



Анализ полученных кривых на рисунке 4 указывает на уменьшение $K_{\rm EC}$ при увеличении расхода жидкости. Согласно исследованиям движения газовой фазы в стесненных условиях [7], отношение относительной скорости газовых пузырьков к скорости газовых пузырьков в неподвижной жидкости v_0/v_0^c начинает уменьшаться при достижении числом Рейнольдса по жидкости $Re_{\mathbb{H}}$ значения 4000, что соответствует расходу жидкости около 15 м³/сут для данного исследования. При расходах жидкости более 45 м³/сут число Рейнольдса по жидкости становится больше 14 000, что в соответствии с [7] приводит к уменьшению относительной скорости газовой фазы до критически низких значений, что, в свою очередь, приводит к уменьшению $K_{\rm EC}$. Также стоит отметить, что в области расходов жидкости от 30 до 55 м³/сут наблюдается небольшое расхождение между измеренными значениями $K_{\rm EC}$ и значениями, определенными по визуализации при помощи специальной видеосъемки. Скорее всего, это связано с особенностями видеосъемки: не всегда возможно корректно оценить объем пузырьков газа, движущихся в приемную сетку или в затрубное пространство при

разрыве больших пузырьков газа на мелкие части у приемной сетки. Кроме того, периодически у приемной сетки наблюдалось появление очень больших пузырей газа, не помещавшихся в кадр, что также не давало возможности оценить их объем.

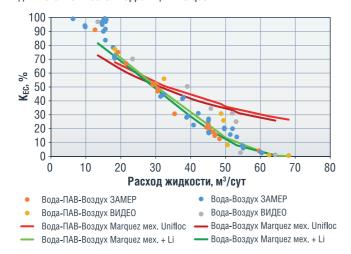
Корректировка механистической методики Marquez

На рисунке 5 приведено сравнение прогнозных расчетов для исследованных режимов по корреляции [15], полученных при помощи макросов Unifloc VBA (красные кривые), с экспериментальными значениями $K_{\rm EC}$. Стоит отметить значительные ошибки при прогнозировании $K_{\rm EC}$ в области низких относительных скоростей газа при больших числах Рейнольдса жидкости (при $q_{\rm IK}=50-70~{\rm M}^3/{\rm cyr}$), а также в области малых чисел Рейнольдса и расходов жидкости (при $q_{\rm IK}<15~{\rm M}^3/{\rm cyr}$). При использовании в расчетах вместо параметра l_i радиусов газовых пузырьков, определенных по видеозаписям исследованных режимов, достичь допустимой сходимости для всех экспериментальных режимов также не удалось.

В связи с большой абсолютной погрешностью между экспериментально полученными и рассчитанными по методике Marquez $K_{\rm EC}$ (которая достигает 25% при расходах жидкости более 50 м³/сут) необходимо адаптировать механистическую корреляцию Marquez на результаты экспериментов. Как сказано выше, одной из подзадач разработки упрощенной корреляции расчета естественной сепарации для периодического режима является уточнение механистической корреляции Marquez в характерном диапазоне эксплуатационных параметров.

Параметр l_i , используемый в методике [15], относится к категории корреляционных параметров, поэтому необходимо скорректировать его для более точного прогнозирования $K_{\rm EC}$ по данным стендовых испытаний. В Unifloc VBA введен коэффициент K_{li} , который является множителем для l_i и при помощи

PИСУНОК 5. Корректировка параметра характеристической длины для механистической корреляции Marquez



которого можно проводить настройку модели на фактические данные. Для настройки корреляционной зависимости использовался параметр приведенной скорости жидкости $\bar{v}_{\scriptscriptstyle \rm M}$ в соответствии с логикой

экспериментальной методики [7]. В результате получены формулы (5) и (6) высокой степени детерминации ($R^2(5) = 0.987$ и $R^2(6) = 0.996$) для разных структур потока. На рисунке 5 также представлены скорректированные расчеты $K_{\rm EC}$ с учетом формул (5) и (6) (зеленые кривые). Структуры потока ГЖС определялись визуально и при помощи методики Caetano [13].

Для пузырьковой структуры (bubble) с низкими относительными скоростями газа:

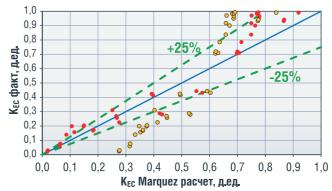
$$K_{li}^{\ bub} = -7,209 \cdot \bar{v}_{\mathcal{K}} + 3,204 \tag{9}$$

Для пробковой и эмульсионной (slug-churn) структур потока:

$$K_{li}^{sl/ch} = -7.876 \cdot \bar{v}_{x} + 3.384$$
 (6)

На рисунке 6 представлено сравнение фактических значений $K_{\rm EC}$ и расчетных значений $K_{\rm EC}$, определенных при помощи механистической методики Marquez до ее корректировки (желтые точки) и после корректировки (красные точки).

PИСУНОК 6. Кросс-плот фактических $K_{\rm EC}$ и $K_{\rm EC}$, рассчитанных по механистической методике Marquez до ее корректировки и после корректировки



• Маркес после корректировки • Маркес до корректировки

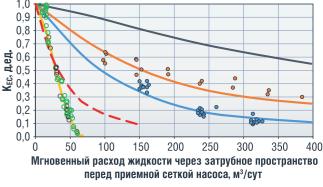
Видно, что в интервал относительных отклонений $\pm 25\%$ попадают 75% данных выборки скорректированной методики Marquez при неплохой сходимости остальных 25% точек. При этом для выборки данных, полученных по методике Marquez без корректировки, в интервал $\pm 25\%$ попадают лишь 30% точек при достаточно больших ошибках в области малых фактических $K_{\rm EC}$.

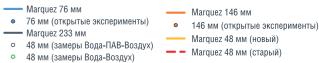
На рисунке 7 представлены результаты настройки модели Marquez на новые данные при учете открытых экспериментальных данных других авторов, на которые проводилась настройка данной корреляции [15].

Экспериментальные данные Serrano, Alhanati, Sambangi и Lackner (для эквивалентных диаметров кольцевого пространства: 76 и 146 мм) отмечены голубыми и оранжевыми кружками. Новые экспериментальные данные отмечены зелеными и черными кружками (рисунок 7).

Видно, что для эквивалентного диаметра кольцевого пространства новых экспериментов D_3 = 48 мм, определенного по формуле (7), наблюдается расхождение значений коэффициента естественной сепарации скорректированной (желтой) кривой и первоначальной (красной пунктирной) кривой при увеличении расхода жидкости более 50 м³/сут, что обуславливает практическую значимость проведенных

РИСУНОК 7. Результаты настройки модели Marquez на новые данные при учете открытых экспериментальных данных [15]





экспериментов для исследованных значений расхода жидкости для данного эквивалентного диаметра затрубного пространства в области приема насоса

$$D_{9} = \sqrt{D_{9K}^2 - d_{\text{сетки}}^2} \tag{7}$$

Стоит отметить, что область будущих исследований, характерная для периодических режимов, находится в диапазоне мгновенных подач насоса 80—160 м³/сут, поскольку периодические режимы применяются на малодебитных скважинах со среднесуточным притоком из пласта менее 25 м³/сут. При этом для периодических режимов применяют УЭЦН с номинальной подачей в среднем в 3—5 раз большей, чем среднесуточный приток жидкости из пласта [10, 11]. И предложенная в работе поправка требует дальнейшего уточнения и проверки к условиям периодической эксплуатации малых габаритов УЭЦН, как на стенде, так и в промысловых условиях.

В таблице 1 представлены характерные для промысла эквивалентные диаметры кольцевого затрубного пространства в области приема ЭЦН в зависимости от габарита ЭЦН и условного/внутреннего диаметров ЭК. Из данной таблицы видно, что новые стендовые исследования охватывают компоновки скважин с узкими кольцевыми сечениями при больших габаритах ЭЦН (5А для ЭК внутреннего диаметра 114 мм), также в диапазон исследований входит компоновка скважины с внутренним диаметром эксплуатационной колонны хвостовика 89 мм и габаритом насоса 2А, что имеет важное практическое значение. Применимость новых исследований отмечена в таблице зеленым цветом. Оранжевым и синим цветом отмечены диаметры, близкие к использованным в исследованиях других авторов из открытых источников, на которые настраивалась корреляция [15]. Белым цветом отмечены не исследованные значения эквивалентных диаметров в контексте корреляции [15].

Анализ зависимости, представленной на рисунке 7, а также таблицы 1 показывает необходимость проведения дополнительных исследований естественной сепарации в области малых кольцевых сечений (48 мм < D_{9} < 76 мм), характерных для промысловых условий эксплуатации УЭЦН малых габаритов 2A и 3; проверки прогнозирования K_{EC} при средних и больших кольцевых сечениях D_{9} > 76 мм; настройки модели Marquez на результаты будущих

ТАБЛИЦА 1. Характерные для промысла эквивалентные диаметры кольцевого затрубного пространства (мм)

Габарит ЭЦН / <i>D</i> _{ЭК} условный/внутренний	178/160 мм	168/147 мм	146/132 мм	127/114 мм	114/102 мм	102/89 мм
2А (69 мм)	144	130	113	91	75	56
3 (81 мм)	138	123	104	80	62	_
5 (92 мм)	131	115	95	67	_	_
5А (103 мм)	122	105	83	49	_	_
6 (114 мм)	112	93	67	-	_	_

экспериментальных исследований для более точного прогнозирования $K_{\rm EC}$ для стационарных сонаправленных режимов потоков газа и жидкости.

Выводы

- Проведены стендовые испытания сепарации газовых пузырьков в околоприемном пространстве модели скважины на модельных газожидкостных смесях: «Вода-Воздух» (модель обводненной скважинной продукции с высоким содержанием свободного газа) и «Вода-ПАВ-Воздух» (модель скважинной продукции малой обводненности, высокой пенообразующей способности, с высоким содержанием свободного газа) двумя способами:
- при помощи измерения объемного расхода газа в трубном и затрубном пространстве после сепарации с последующим расчетом коэффициента сепарации;
- при помощи макросъемки траектории движения газовых пузырьков в околоприемном пространстве модели скважины.
- Обобщение результатов стендовых испытаний позволило построить корреляцию $K_{\rm EC}$ (полином второй степени) высокой степени детерминации R² = 0,989 в диапазоне значений расхода жидкости до 70 м³/сут.
- При малых (до 4000) и больших (свыше 14000) числах Рейнольдса по жидкости наблюдается отклонение механистической корреляции Marquez R. [15] от экспериментальной корреляции.
- По данным экспериментальных исследований проведена корректировка корреляции Marquez R. [15] с выделением структур потока в околоприемном пространстве модели скважины по данным визуального контроля при сопоставлении с расчетами по методике Caetano [13].
- Полученные экспериментальные зависимости коэффициента K_{li} в функции приведенной скорости движения жидкости в околоприемном пространстве скважины для различных структур потока ГЖС (при оценке структур по методике Caetano [13]) являются доступными для проведения оперативных инженерных расчетов
- В диапазоне значений приведенной скорости жидкости 0,1-0,32 м/с зафиксирована пробковая структура газожидкостного потока, а при значении приведенной скорости свыше 0,32 м/с – пузырьковая.
- Сформированы области будущих исследований для уточнения корреляций естественной сепарации путем физического и/или математического моделирования при стационарной и периодической эксплуатации скважин в характерных диапазонах эквивалентных диаметров затрубного пространства в области приема, в том числе в условиях выноса твердой фазы в составе скважинной продукции.

- 1. Волков М.Г. Научно-методические основы моделирования процессов управления эксплуатационными характеристиками осложненных нефтелобывающих скважин: специальность 2.8.4. – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Волков Максим Григорьевич — Уфа, 2021. — 401 с.
- 2. Горидько К.А. Методика определения эффективности работы газосепаратора в составе скважинной установки электроцентробежного насоса / К.А. Горидько В.С. Вербицкий, О.С. Кобзарь // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2023. – Nº S1. - C. 9-20. - DOI 10.5510/OGP2023SI100831. - EDN VHKYUE.
- 3. Дроздов А.Н. Технология и техника добычи нефти погружными насосами в осложненных условиях: Учебное пособие для вузов / А.Н. Дроздов – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2008. – 616 с.
- 4. Дроздов А.Н. Области эффективного применения установок погружных центробежных насосов с газосепаратором и без него / А.Н. Дрозд Р.Г. Сальманов // Технологии нефти и газа. - 2012. - № 1(78). - С. 47-52. -
- 5. Ляпков П.Д. Об относительной скорости газовой фазы в стволе скважины перед входом в глубинный насос / П.Д. Ляпков, А.С. Гуревич // Нефтепромысловое дело. - 1973. - № 8. - C. 6-10.
- 6. Ляпков П.Д. Подбор установки погружного центробежного насоса к скважине Учебное пособие / П.Д. Ляпков — М.: МИНГ, 1987. — 71 с.
- 7. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов / И.Т. Мищенко – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. - 816 c.
- 8. Мищенко И.Т. Сепарация газа у приема погружного центробежного насоса / И.Т. Мищенко, А.С. Гуревич // Нефтепромысловое дело. – 1969. – № 3. – С. 7–10.
- 9. Пашали А.А. Алгоритмы и математические модели оптимизации режимов работы скважин в условиях высокого газового фактора: специальность 25.00.17 -«Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пашали Александр Андреевич – Уфа. 2011. – 193 c.
- 10. Сарапулов Н.П. Индивидуальный подход при расчете энергоэффективного режима эксплуатации электроцентробежных погружных насосов в малодебитных скважинах / Н.П. Сарапулов, Н.М. Катрич, А.А. Шушаков [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2012. – декабрь. – Режим доступа: https://www.oil-industry.net Journal/archive_detail.php?ID=9655&art=197199 (дата обращения: 06.05.2024)
- 11. Юшенко Т.С. Анализ режимов работы и особенности моделирования нестационарного многофазного течения в низкодебитных скважинах с ГС и МГРП, работающих с ЭЦН в режиме ПКВ / Т.С. Ющенко, Е.В. Дёмин, В.А. Иванов [и др.] // РКОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2024. – Т. 9. № 1. – С. 78 – 94. – DOI: 10.51890/2587-7399-2024-9-1-78-94 Режим доступа: https://proneft.elpub.ru/ jour/article/view/478/478 (дата обращения: 06.05.2024).
- 12. Alhanati F.J.S. Bottomhole Gas Separation Efficiency in Electrical Submersible Pump Installation: PhD dissertation in the Discipline of Petroleum Engineering. – The University of Tulsa, 1993. – 153 p.
- 13. Caetano E.F. Upward Vertical Two-Phase Flow Through an Annulus Part I: Single-Phase Friction Factor Taylor Bubble Rise Velocity and Flow Pattern Prediction / E.F. Caetano, O. Shoham, J.P. Brill // ASME. - 1992. - March, Vol. 114, 13 р. – Режим доступа: https://asmedigitalcollection.asme.org/energyresources/ article-abstract/114/1/1/406547/Upward-Vertical-Two-Phase-Flow-Through-an-Annulus?redirectedFrom=fulltext (дата обращения: 06.05.2024)
- 14. Goridko K.A. Analysis of Self Flowing through Annulus of wells operated with Electric Submersible Pumps, Western and Eastern Siberia Fields Cases / K.A. Goridko, O.S. Kobzar, R.A. Khabibullin, V.S. Verbitsky, K.V. Litvinenko, M.S. Grishaev // SPE-201878-MS – 2020. – Р. 1 – 34. – DOI: 10.2118/201878-MS – Режим доступа: https://doi. org/10.2118/201878-MS (дата обращения: 06.05.2024)
- 15 Marquez R Modeling Downhole Natural Separation: PhD dissertation in the Discipline of Petroleum Engineering. - The University of Tulsa, 2004. - 204 p.
- 16. Serrano J.C., Natural separation efficiency in electric submersible pump systems: Master Thesis. - The University of Tulsa, 1999. - 100 p.
- 17. Shakirov A.M. An Accurate Model to Predict Natural Separation Efficiency based on Common Data / A.M. Shakirov // MEALF-00098, Bahrain, 2011. - 8 p.
- 18. Yudin E. New Applications of Transient Multiphase Flow Models in Wells and Pipelines for Production Management / E. Yudin, R. Khabibullin, N. Smirnov, A. Vodopyan K. Goridko, G. Chigarev, S. Zamakhov // SPE-201884-MS — 2020. — Р. 1—25. — DOI: 10.2118/201884-MS — Режим доступа: https://doi.org/10.2118/201884-MS (дата обращения: 06.05.2024).

KEYWORDS: natural separation of gas; periodic modes; artificial lift methods; electric submersible pump; pump intake; oil well; experimental research; multiphase flow; gas-liquid mixture; multiphase flow structure.

Петербургский международный

ГАЗОВЫЙ ФОРУМ - 2024





САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР ЭКСПОФОРУМ

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ







ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ПАРТНЕРЫ





O POCATOM



















ГАЗСТРОЙПРОМ ОФИЦИАЛЬНЫЙ СТРАХОВОЙ ПАРТНЕР



ılı PYM0

















(() ОДК









РАЗВИТИЕ БИОГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ В ЕВРОПЕ

ДОСТИЖЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЦЕЛИ «ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ БЛАГОПОЛУЧИЕ» УКАЗА «О НАЦИОНАЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА И НА ПЕРСПЕКТИВУ ДО 2036 ГОДА» ТРЕБУЕТ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА, СОКРАЩЕНИЯ ОТХОДОВ И ВОВЛЕЧЕНИЕ В ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И СЫРЬЯ. В КОНТЕКСТЕ ДАННЫХ ЗАДАЧ АВТОРЫ РАССМАТРИВАЮТ ТЕХНОЛОГИИ, КОТОРЫЕ ПОЗВОЛЯЮТ ПЕРЕРАБАТЫВАТЬ ВСЕВОЗМОЖНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОТХОДЫ, СОКРАЩАЯ ВЫБРОСЫ И ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ, ПРИ ЭТОМ СПОСОБСТВУЯ ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАСЕЛЕНИЯ ЗЕЛЕНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

ACHIEVING THE NATIONAL GOAL OF "ENVIRONMENTAL WELL-BEING" IN THE DECREE "ON THE NATIONAL DEVELOPMENT GOALS OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR THE PERIOD UP TO 2030 AND FOR THE FUTURE UP TO 2036" REQUIRES THE FORMATION OF A CLOSED-LOOP ECONOMY, WASTE REDUCTION AND THE INVOLVEMENT OF PRODUCTION AND CONSUMPTION WASTE IN ECONOMIC CIRCULATION AS SECONDARY RESOURCES AND RAW MATERIALS. IN THE CONTEXT OF THESE TASKS, THE AUTHOR EXAMINES TECHNOLOGIES THAT ALLOW THE PROCESSING OF ALL KINDS OF ORGANIC AND AGRICULTURAL WASTE, REDUCING EMISSIONS AND GREENHOUSE GASES, WHILE HELPING TO PROVIDE THE POPULATION WITH "GREEN" ENERGY

Ключевые слова: зеленая энергия, углеродный след, вторичные ресурсы, энергообеспечение, экономика замкнутого цикла.

Аким Михаил Эдуардович

профессор Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ, PhD. MBA

Румянцева Ольга Александровна

независимый эксперт энергетической отрасли

Согласно оценкам МЭА, размер рынка биогазового сектора достиг 445 ТВт.ч в 2022 году, а темпы роста ускорятся с 19% в 2017-2022 годах до 32% в 2023-2028 годах. Verified Market Research оценивает размер мирового рынка биогаза в 67,53 миллиарда долларов в 2023 году, и, по прогнозам, к 2030 году он достигнет 89,86 миллиарда долларов, а среднегодовой темп роста составит 6,2% в течение прогнозируемого периода 2024-2030 годов. Однако вполне возможно, это не учитывает маленькие установки, которые находят все большее распространение в странах Глобального Юга. Производство биогаза сконцентрировано на рынках Европы, Америки, Китая и Индии, причем на Европу приходится почти половина этого объема, и только Германия

производит порядка 20%. Китай с 2019 года активно инвестирует в реализацию крупномасштабных проектов, направленных на утилизацию городских и сельских отходов для производства электроэнергии и газа.

Согласно анализу Европейской биогазовой ассоциации (ЕВА), европейский биометановый сектор получит 25 миллиардов евро частных инвестиций к 2030 году. Прогнозируемые инвестиции приведут к установке 950 новых биометановых заводов по всей Европе к 2030 году, наряду с 1300 уже действующими, что добавит 6,3 миллиарда кубических метров биометановых мощностей ежегодно. Согласно оценкам, это поможет избежать почти

29 миллионов тонн выбросов CO_2 каждый год, ежегодно обеспечивая возобновляемой энергией 5 миллионов европейских домохозяйств, при этом производя 830 тысяч тонн удобрений в год.

628.336.6

Наиболее показателен пример Дании, являющейся лидером по внедрению возобновляемой энергии, где доля биометана в газовой сети уже приближается к 40%, и есть планы увеличить его производство, чтобы покрыть 100% потребности в газе до 2030 года. Это потребует инвестиций в размере 3,6 млрд евро.

В нашей статье мы попытаемся разобраться, какие используются технологии и какой смысл от внедрения данных решений.

Среднее количество биогаза, получаемого из тонны биомассы, колеблется от 83 до 185 литров. Источниками сырья для биогазовых производств обычно получаемых отходов являются всевозможные органические вещества с высоким содержанием жира, белка или сахара, кормовые отходы и остатки пищи. Но, кроме этого, данные технологии могут утилизировать бактериологически или химически загрязненные пищевые продукты, фармацевтические отходы и многое другое, что в настоящее время крайне дорого утилизировать или перерабатывать.

Технологии сегодня и завтра

Анаэробное сбраживание – это биологический процесс, при котором микроорганизмы расщепляют органические материалы в отсутствие кислорода и образуют богатый энергией биогаз. Во «влажной» версии анаэробного сбраживания перекачиваемое органическое сырье (например, отходы пищевой промышленности или навоз животных) помещается в закрытую камеру, которая поддерживается при температуре от 35-38°C, как правило, в течение трех-четырех недель. Естественные ферментативные микроорганизмы, развиваясь в нагретой среде, расщепляют органические твердые вещества, а «метаногены» производят биогаз, состоящий в основном из метана и углекислого

Биогаз состоит из смеси газов: в основном из метана (CH₄, 40–75%) и углекислого газа (CO₂, 15–60%). Биогаз также может содержать сероводород, воду, кремнийорганические соединения (например, силоксан),

кислород, аммиак, пыль, масло и аэрозоли. Присутствие примесей в сыром биогазе в значительной мере определяется качеством использованного сырья и тем, какие технологии применялись в процессе производства.

Очистка биогаза предполагает увеличение содержания в нем метана до 90—98%. В результате получается газ, аналогичный привычному природному газу, которым, например, можно заправлять транспортные средства. Кроме того, он может применяться так же, как и природный газ — и в промышленности, и в быту.

Если биометан предназначен для подачи в газораспределительную сеть, он должен обладать такими же свойствами, как и природный газ. Если биометан будет использоваться в качестве топлива для транспортных средств, он должен соответствовать требованиям к качеству топлива. В ЕС разработан соответствующий стандарт EN 16723-1, устанавливающий требования к биометану, подаваемому в газотранспортную сеть, а также для его использования на транспорте. 1

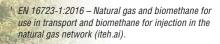
Способы удаления примесей из биогаза выбираются индивидуально для каждой из примесей. Сероводород удаляется путем десульфуризации, что может представлять собой добавление в ферментатор гидроксида железа и/ или солей железа; каталитическое окисление и адсорбцию фильтрующими материалами (например, активированным углем); щелочную обработку с биологической регенерацией детергента. При выборе метода десульфуризации решающими факторами являются требуемое содержание сероводорода в газе и методы последующего отделения СО2.

Вода может присутствовать в биогазе из-за его насыщения паром в ферментаторе. Для удаления воды необходимо осушение биогаза. Во время конденсационного осушения биогаз охлаждается в газоохладителях или подземных трубопроводах, в процессе чего водяной пар конденсируется. При адсорбционном осушении используются силикагель, оксиды алюминия или молекулярные сита. Осушение может также производиться путем повышения давления, при этом вода не удаляется, но сокращается относительная влажность.

Возможными источниками появления силоксанов в биогазе могут быть остатки используемых в ферментаторе косметических средств, детергентов или пеногасителей с содержанием силиконов. Силикон и силоксаны, как правило, присутствуют в установках, обрабатывающих биогаз из осадка сточных вод. Осадки некоторых смазок также могут быть причиной образования силоксанов. В процессе сжигания силоксаны окисляются и образуют диоксид кремния (SiO_2), что может привести к серьезному повреждению двигателя. Согласно стандарту EN16723-1 максимально допустимое содержание этого вещества должно составлять 0,5 ррт.

Несмотря на то, что процесс образования биогаза в ферментаторе происходит без кислорода, он все же может попасть в систему, например, вместе с сырьем. Кислород также попадает в систему при добавлении воздуха для предварительной биологической десульфуризации и регенерации активированного угля во время глубокой десульфуризации. Наличие кислорода в газе может привести к возникновению проблем в газотранспортной сети, особенно в подземных системах хранения. Вышеупомянутый стандарт EC EN16723-1 устанавливает предельное содержание кислорода в газе в 10 ррт.

Содержание аммиака в биогазе можно уменьшить путем осушения за счет высокой растворимости аммиака в воде. Другие примеси, например, пыль, масла, аэрозоли, удаляются с помощью фильтров.







В прошлом существовали опасения, что с биометаном в газораспределительную сеть могут попадать микроорганизмы, способные вызывать проблемы в газораспределительной инфраструктуре или создавать опасность для здоровья. Однако ряд исследований показал, что обработанный биометан не содержит патогенных микробов. Микроорганизмы, остающиеся в биогазе после обработки, аналогичны тем, которые присутствуют в трубопроводах для природного газа. Следует отметить, что биометан подается в газораспределительную сеть Германии с 2006 года, и ни одно из этих опасений по поводу вреда для сети не оправдалось.

Основным процессом, в результате которого происходит обогащение биогаза с преобразованием его в биометан, является отделение CH_4 и CO_2 . На рынке имеется несколько технологий обогащения, которые используются и совершенствуются уже много лет.

Среди традиционных способов обогащения биогаза можно выделить мембранное разделение, различные технологии очистки (водная, физическая, химическая); короткоцикловую адсорбцию и криогенную обработку.

Способы мембранного разделения основаны на принципе разной скорости прохождения газов через мембраны. В качестве мембран можно использовать разные виды полимеров. Очистка (или абсорбция) основана на принципе растворения компонентов газа в различных жидкостях при разной температуре. Например, CO₂ лучше растворяется в воде, чем СН₄. Способы физической очистки основаны на физической растворимости компонентов газа в промывочном растворе без химической реакции. В очистке водой под давлением в качестве растворителя используется вода. СО₂ лучше растворяется в воде под высоким давлением, поэтому водная очистка, как правило, производится под давлением 4-10 бар. В процессе химической очистки некоторые газы (например, CO_2 и H_2S) вступают в обратимую реакцию с промывочной жидкостью. Вследствие этого связующий реагент или растворитель должны быть более сильными, чем при физической очистке. Как правило, в качестве детергента используется вода

с добавлением моноэтаноламина (МЭА), диэтаноламина (ДЭА), метилдиэтаноламин (МДЭА) и других аминовых соединений.

Адсорбционные способы основаны на принципе различной степени сродства (избирательности) компонентов газа к определенным поверхностям (адсорбции) или проникновения в поры материала. Как правило, адсорбция усиливается при повышении давления и понижении температуры. В адсорбционных процессах обогащения биогаза для разделения газов главным образом используется изменение давления. Короткоцикловая адсорбция является проверенным способом разделения, который применяется уже много лет. Этот способ был адаптирован в соответствии с требованиями к обработке биогаза. Главным элементом в процессе разделения газов является колонна, заполненная активированным углем либо цеолитовыми или углеродными молекулярными ситами. Эти вещества отличаются большой площадью поверхности и определенным размером пор. Короткоцикловая адсорбция является периодическим процессом, при котором используется несколько колонн (как правило, от 4 до 8), которые срабатывают с небольшой задержкой, благодаря чему обеспечивается равномерное производство газа.

Криогенная обработка также представляет интерес как один из способов преобразования биогаза в биометан. Она основана на том факте, что при низкой температуре или высоком давлении происходит конденсация (переход в жидкую фазу) или повторная возгонка газа. К преимуществам криогенной обработки относятся очень высокая точность разделения компонентов газа, высокая степень чистоты и низкое значение потерь метана, а также возможность повторного использования и продажи СО2, который может быть получен в форме сухого льда. Кроме того, криогенная обработка предпочтительна для последующего сжижения биометана. Недостатком криогенной обработки является высокая энергоемкость процесса. Кроме того, важно не допускать образования пробки CO₂ в оборудовании во время охлаждения газа. Для обогащения с использованием криогенной обработки необходима тщательная предварительная очистка биогаза.

На водоочистных сооружениях анаэробное сбраживание осадка сточных вод, как правило, происходит естественным образом, но процесс возможно улучшить с помощью современных технологий. При анаэробном сбраживании осадка уничтожаются патогены, вирусы и другие вредные микроорганизмы, уменьшается количество ила. Получаемый в результате биогаз используется для выработки электроэнергии, на транспорте и для собственных нужд. Произведенная при этом избыточная электроэнергия может быть подана в сеть для индивидуальных и промышленных потребителей.

Утилизация и переработка пищевых отходов стали серьезной проблемой в большинстве промышленно развитых стран. Производство продуктов питания является огромным бременем для планеты. Ежегодно во многих странах выбрасываются миллионы тонн бытовых пищевых отходов, на которые приходится десятки миллионов тонн выбросов CO_2 . Стоимость выброшенных продуктов составляет свыше 10 млрд долларов США ежегодно, и это лишь для одной страны с развитой экономикой!

Анаэробное сбраживание пищевых отходов является наиболее предпочтительным методом их утилизации, гораздо эффективнее компостирования и, безусловно, намного лучше, чем отправка их на свалки.

Многие страны установили законодательные требования к местным властям по сбору пищевых отходов с последующей их утилизацией с помощью биогазовых установок для производства энергии и удобрений.

Когда-то производство биогаза путем анаэробного сбраживания было довольно затратным, но с развитием технологий процесс удешевляется, что позволяет предприятиям не только обеспечивать себя экологически чистой энергией, но и разнообразить свои доходы от бизнеса. Побочные продукты, возникающие при производстве биогаза, могут быть использованы в качестве органических удобрений, изготовления подстилок для сельскохозяйственных животных и т.д. Во многих случаях стоимость утилизации пищевых отходов на биогазовых установках ниже стоимости захоронения отходов

Частные предприниматели, компании и особенно фермерские хозяйства, отмечают, что установки для анаэробного сбраживания позволяют им решать ранее неразрешимые проблемы с утилизацией отходов.

Использование анаэробного сбраживания позволяет вести бизнес более устойчиво и избегать потерь ресурсов, что приобретает значимость для бизнеса, который стремится к инвестициям акционеров. Акционеры, как правило, все больше внимания уделяют устойчивости бизнеса, и включение биогазовой установки в производственный цикл предприятия может быть способом убедить инвесторов в долгосрочной жизнеспособности бизнеса.

В отличие от ископаемых видов топлива, таких как нефть и уголь, производство биогаза не усиливает парниковый эффект, что побудило Европейский союз принять меры для содействия использованию этого экологически чистого топлива, а это, в свою очередь, дополнительно стимулирует развитие европейского рынка биогаза.

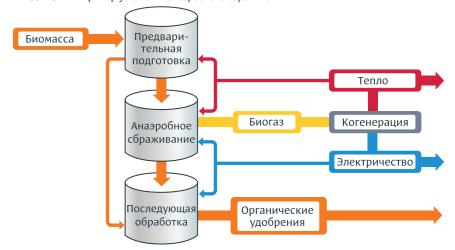
Среди различных процессов преобразования биомассы в энергию анаэробное сбраживание является одним из наиболее удобных и экологически чистых способов, который получил широкое распространение среди европейских потребителей, благодаря чему европейский рынок биогаза на основе анаэробного сбраживания в последнее время набирает обороты.

Свалочный газ, который ранее выбрасывался в атмосферу, теперь все чаще улавливается в виде биогаза путем анаэробного сбраживания отходов на свалках.

Создается благоприятная правовая база для дальнейшего использования методов переработки отходов, что даст соответствующий импульс европейской биогазовой промышленности в целом.

Ассоциация анаэробного сбраживания и биоресурсов Великобритании (UK's Anaerobic Digestion and Bioresources Association) недавно подытожила преимущества анаэробного сбраживания. Анаэробное сбраживание является экологически чистым и экономически эффективным решением для сокращения отходов. По мнению Ассоциации, переработка

РИСУНОК 1. Пример установки анаэробного сбраживания



Источник: схема подготовлена авторами по материалам компаний DESSIDefra, а также Anaerobic Digestion Strategy and Action Plan 2017

отходов путем анаэробного сбраживания может обеспечить около 30% бытовой потребности Великобритании в газе или электричестве. Кроме того, этот метод способствует уменьшению количества отходов на свалках, установлению стабильных цен на энергоносители, сокращению выбросов углекислого газа, а также созданию 35 000 потенциальных рабочих мест. Сам же биогаз способствует декарбонизации транспортной системы и улучшению качества воздуха в населенных пунктах страны.

Метод анаэробного сбраживания имеет и многочисленные неэнергетические преимущества, например:

- Сокращение выбросов от сельскохозяйственных отходов, а также замена химических удобрений, полученных из нефтехимии;
- Сокращение значительного количества углерода и замена источников энергии, полученных из ископаемого топлива;
- Поддержка фермеров путем диверсификации их доходов, обеспечения стабильного дохода, не зависящего от колебаний мировых цен на сырьевые товары, и снижения затрат на производственные ресурсы;
- Повышение продовольственной безопасности за счет выгодного севооборота и рециркуляции основных потребностей сельскохозяйственных культур в азоте (N), фосфоре (P), калии (K) и микроэлементах за счет распространения получаемого в виде побочного

продукта дигестата обратно на сельскохозяйственные угодья, заменяя потребность в произведенных из нефтехимических продуктов искусственных удобрений из-за рубежа;

- Увеличение органического вещества, улучшение структуры почвы, снижение потребности в воде, уменьшение деградации почв и стока;
- Укрепление экономики путем создания рабочих мест, особенно в сельской местности;
- Развитие низкоуглеродных технологий и опыта для экспорта на мировые рынки.

Торрефикация

Различные виды биомассы древесная, растительная, твердые бытовые отходы – имеют разные физические свойства и химический состав. Физические свойства, такие как насыпная плотность, неправильный размер и неоднородная форма, создают проблемы при транспортировке, хранении, обработке и потоке, которые ограничивают использование биомассы для крупномасштабного производства биоэнергии. Более высокое содержание влаги и более низкое содержание энергии в биомассе снижают эффективность конверсии. Более высокая влажность в биомассе также может увеличить ее разложение (т.е. плесневение и гниение) во время хранения и транспортировки, увеличить потребление энергии при измельчении и привести к высокой изменчивости распределения

частиц по размерам. Эти проблемы снижают эффективность и коммерческую целесообразность переработки биомассы.

Процесс термической предварительной обработки, известный как торрефикация, помогает улучшить физические свойства и химический состав биомассы для переработки. Кроме того, торрефикация может быть этапом предварительной обработки перед пиролизом и газификацией для повышения эффективности процесса.

В процессе торрефикации получается твердый однородный продукт с более низким содержанием влаги и более высокой калорийностью, чем сырая биомасса. Кроме того, образуются неконденсирующиеся газовые формы, в том числе СО и СО₂.

Торрефикация представляет собой медленный нагрев биомассы в инертной или кислороднодефицитной среде в диапазоне температур 200-300°C. Параметрами, влияющими на процесс торрефикации, являются скорость нагрева, температура реакции, среда реактора, время пребывания, атмосферное давление, свойства исходного сырья, размер частиц и содержание влаги. Биомасса, как правило, предварительно высушивается до влажности <10% перед торрефикацией. В процессе торрефикации влага испаряется, а некоторые водород- и кислородсодержащие органические компоненты органических соединений термически разлагаются, выделяя летучие органические соединения. В конце процесса торрефикации получается твердый однородный продукт с более низкой влажностью и более высоким содержанием энергии. Кроме того, часть гидрофильных связей теряется в процессе торрефикации, что делает торрефицированную биомассу более гидрофобной, тем самым улучшая стабильность хранения. Оставшаяся твердая биомасса содержит примерно на 30% больше энергии на единицу массы в зависимости от степени торрефикации.

Коммерциализация технологии торрефикации идет медленно из-за проблем, связанных с конструкцией реактора и качеством конечного продукта. Различные типы реакторов, которые обычно используются для торрефикации

биомассы, — это реакторы с неподвижным слоем, реакторы с вращающимися барабанами, шнековые реакторы, микроволновые реакторы, реакторы с подвижным слоем, а также с горизонтальным и вертикальным подвижным слоем. Реактор с подвижным слоем завоевал популярность среди различных конструкций торреактивных реакторов, поскольку он прост в эксплуатации и масштабировании. Кроме того, он помогает производить однородный торрефицированный продукт.

Во всем мире предпринимаются усилия по разработке технологий торрефикации, но для коммерциализации этой технологии необходимо решить много задач. Хотя некоторый прогресс в создании пилотных и промышленных торрефикационных систем уже достигнут, нужны дальнейшие исследования для оптимизации процесса торрефикации в соответствии с требованиями конечного использования. До сих пор отсутствуют данные об оптимизации торрефикационных реакторов для производства продукта с желаемым качеством для различных потребителей. Конкретные области торрефикации, особенно конструкция реактора и его влияние на получение однородного торрефицированного продукта, должны быть продемонстрированы или масштабированы в целях коммерциализации. Также важно спроектировать торрефикационные реакторы, которые могут работать с различной гетерогенной биомассой с переменным размером частиц и влажностью, поскольку это приводит к неравномерному теплои массообмену и образованию неоднородного торрефированного продукта, что может повлиять на эффективность процесса торрефикации. До сих пор отсутствуют данные о себестоимости производства торрефикационной продукции в опытно-промышленных и промышленных масштабах.

Сверхкритическая газификация

Сверхкритическая газификация воды – инновационная технология термохимической конверсии, в которой используется водный компонент, содержащийся в отходах. Эта технология позволяет использовать в качестве сырья исключительно широкий спектр как влажных, так и сухих отходов

пищевой промышленности и сельского хозяйства. Таким образом, система не только производит устойчивую энергию, но и способствует экономике замкнутого цикла и эффективной переработке проблемных потоков отходов.

Сверхкритическая фаза

создается путем помещения воды, содержащей отходы, под высокое давление (более 220 бар) и доведения ее до температуры свыше 375 °C. Затем все органические молекулы в отходах распадаются и достигают нового равновесия в виде синтез-газа (СН₄, Н₂, СО₂ и СО). Этот процесс уникален тем, что более 90% энергетического содержания в сырье преобразуется в газ высокого давления. Производственные установки состоят из модулей, изготовляемых в промышленном масштабе, что обеспечивает стандартизацию и возможность быстрого внедрения. Предполагается, что в течение ближайших лет на таких установках в Нидерландах будет производиться до полумиллиарда кубических метров биометана в год. Комбинация производимого водорода и СО2 позволяет получить еще более экологически чистый газ. В будущем спрос на водород будет расти, и произведенный водород также можно будет использовать напрямую. Технология предусматривает возможность хранения и/или использования СО2 в принципиально новой форме («зеленый» углерод). Кроме того, получаемый газ уже находится под высоким давлением, что позволяет подать его непосредственно в существующую сеть высокого давления, без дополнительных затрат на компрессию газа.

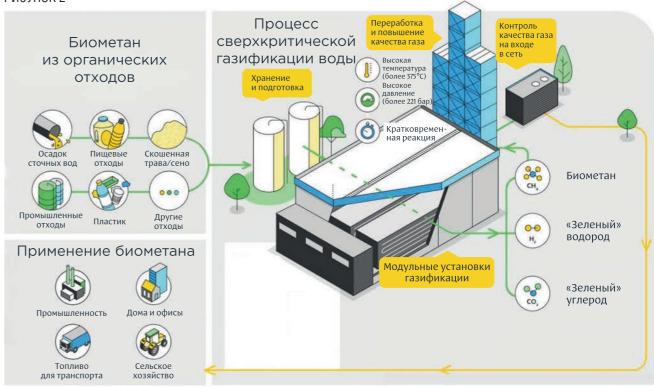
Биометановые магистрали

Как уже упоминалось, биометан можно транспортировать по существующим сетям высокого давления, созданным для природного газа.

Компании-операторы газотранспортных систем способствуют развитию проектов производства биометана, поскольку последний становится важным элементом устойчивого энергоснабжения, в частности Европы.

Одной из проблем, с которой сталкиваются производители биометана, является наличие

РИСУНОК 2



Источник: схема подготовлена авторами по материалам компаний SCW Systems и Gasunie

газотранспортной сети вблизи биометановых производств. При этом расположение планируемых предприятий определяется как компромисс между наличием сырья, доступной трубы и близости к потребителям.

Спрос на газ сильно зависит от многих факторов. К ним относится сезонность (зимой спрос обычно больше, а летом меньше, при этом, наоборот, доступность сырья лучше летом), география (в городах спрос выше, чем в сельской местности) и даже время суток, поскольку потребность в газе может быть довольно существенной днем и относительно низкой в ночное время.

Как пример, рассмотрим развитие данной отрасли в Нидерландах, с одной стороны, лидера в области сельского хозяйства, а с другой – в развитии газотранспортной сети. Оператор национальной газотранспортной сети Gasunie Transport Services (GTS) и местные распределительные компании разработали специальную схему взаимодействия с целью создания достаточных мощностей для обеспечения потребностей производителей биометана.

Предлагаемые меры включают возможность подключения производителя к сети более

высокого давления, выяснение наличия у производителя собственных возможностей создания буфера и хранения газа. При необходимости распределительная компания может предоставить хранение газа или регулировку давления. Кроме того, обеспечивается непрерывность взаимодействия с потребителями, соединение сетей распределительных компаний между собой, предоставление дожимных мощностей.

Помимо сотрудничества с местными распределительными компаниями, GTS предлагает и собственные меры – предоставление дожимного оборудования, услуги по повышению качества газа, смешиванию газа.

Процесс вхождения в клиентскую базу поставщиков биометана GTS подразумевает три элемента: технико-экономическое обоснование (ТЭО), инвестиционный договор и соглашение о подключении к сети. В большинстве случаев поставщику требуется субсидия SDE++ (схема субсидирования перехода к устойчивой энергетике) для производства экологически чистого газа. Чтобы подать заявку для ее получения необходимо представить (положительное) технико-экономическое обоснование от сетевого оператора

в Нидерландское агентство по предпринимательству (RVO). По запросу потенциального клиента GTS может подготовить ТЭО. Приняв инвестиционное решение, поставщик информирует об этом GTS, после чего компания начинает работы по проектированию строительства соединительной инфраструктуры. В ходе консультаций стороны определяют объем, функциональные требования и спецификации проекта. Затем GTS направляет поставщику инвестиционный договор, подписанием которого поставщик «поручает» GTS создать соответствующую инфраструктуру для подключения к сети. Срок строительства необходимого соединения может составлять два-три года. Соглашение о подключении к сети заключается между GTS и поставщиком до ввода соединения в эксплуатацию. В соглашении содержатся все необходимые технические условия для подачи газа в сеть (количество, давление, качество).

Кроме того, поставщик обязан выполнять существующие законодательные акты и следовать техническим кодексам Нидерландов, разработанным для пользователей газотранспортных сетей. Поставщик также несет ответственность за соблюдение

A

требований к качеству газа и проведение необходимых измерений. Таким образом, поставщик биометана оказывается полноценным игроком газового рынка.

Сколько это стоит?

По мере роста интереса к возобновляемым источникам энергии фермерские хозяйства все чаще могут подавать заявки и получать углеродные кредиты. Некоторые фермы также принимают отходы извне фермы, для совместного сбраживания с навозом.

Учитывая все потенциальные преимущества, можно задаться вопросом, почему относительно немногие фермы используют эти системы. Одна из основных причин заключается в том, что анаэробные реакторы дороги в установке и эксплуатации. Капитальные затраты на создание установки для производства биогаза на ферме составляют в среднем 1,2 млн долларов США. Операционные расходы по эксплуатации установки на ферме среднего размера (250 коров) в 2022 году составляли 0.3 доллара за киловатт-час. Оборудование по превращению биогаза в биометан увеличивает расходы, но ряд исследователей полагают, что при «правильном стечении обстоятельств» эти расходы можно легко компенсировать и сделать производство биометана рентабельным.²

Вероятно, экономическая целесообразность внедрения этих технологий во многом будет определяться рынком углеродных единиц.

Биогазовые системы, которые улавливают метан из отходов и превращают его в энергию и удобрения, становятся все более популярными. Однако что делать фермерам из стран Глобального Юга»? Ежегодно фермы по всему миру производят миллиарды тонн навоза, большая часть которых приходится именно на бедные страны, на небольшие фермы, обладающие крайне ограниченными ресурсами. Очевидно, что во многих развивающихся странах, где продукты питания производятся в основном на небольших фермах, фермеры не могут позволить себе эту технологию и не имеют ноу-хау или подготовки для ее использования

Это большая проблема не только для фермеров, но и для окружающей среды, поскольку сельскохозяйственные отходы загрязняют грунтовые воды и выделяют парниковые газы. В настоящее время существует громадная экологическая проблема, связанная с практиками приготовления пищи на открытом огне в Африке. Не имея элементарных древесных плит, местное население готовит пищу, сжигая крайне неэффективно большие количества дров, угля, любых других горючих веществ. Примерно 2,6 миллиарда человек во всем мире используют твердое топливо или керосин (дрова, уголь, навоз животных и т.д.) для приготовления пищи на традиционных печах, часто практически без вентиляции. Это опасная и экологически вредная практика. Но чистые альтернативы не всегда широко доступны на Африканском континенте: только 17 процентов населения в странах Африки к югу от Сахары имеют к ним доступ, по сравнению с 63 процентами в Центральной и Юго-Восточной Азии и 97 процентами в Европе. Поэтому ключевая задача в настоящее время – это разработка небольших установок для малых хозяйств и снижение их стоимости.

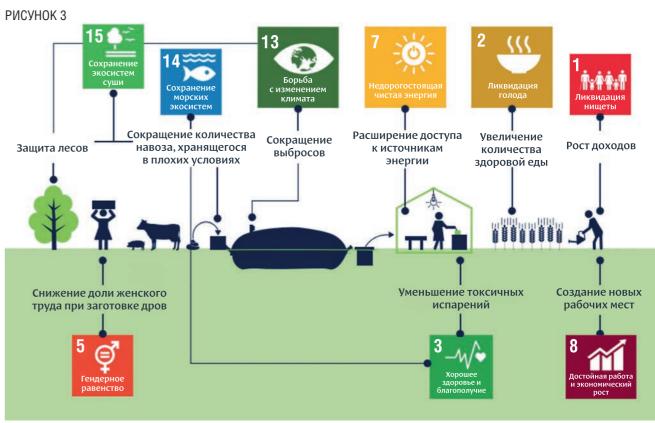
В связи с этим развиваются две концепции – строительство больших заводов, позволяющих производить биогаз высокого качества, который может подаваться в газовую сеть или локальные биогазовые установки, не столь совершенные, но способные удовлетворить насущные потребности по переработке отходов и снабжению фермера собственным газом. В первом случае можно привести пример Lemvig Biogas, который с 1992 года является крупнейшей биогазовой установкой в Дании. Навоз от 75 ферм, а также отходы и остаточные продукты промышленного производства используются для выработки тепла и электроэнергии. Это приводит к сокращению выбросов парниковых газов, хорошей экономии для ферм и домохозяйств, потребляющих тепло, предотвращению попадания загрязняющих веществ в окружающую среду. Из полученного биогаза ежегодно производится более 33 миллионов кВт-ч электроэнергии, которая продается в местную сеть. Избыточное тепло от системы охлаждения газового двигателя превышает

55 миллионов кВт⋅ч в год. Это тепло передается потребителям ТЭЦ Лемвиг. Пользователями являются более 3000 домохозяйств. Сверхсовременное предприятие готово принимать и перерабатывать самые разнообразные отходы: жировые осадки из канализационных колодцев и жироуловителей, флотационные осадки, органические бытовые отходы, отходы боен и мясокомбинатов, остатки кормов, все зерновые продукты и даже отходы ликеро-водочных заводов и многое другое.3

Однако такой подход требует построения дорогостоящей логистики, что возможно в богатой Европе, в регионе, где сосредоточено много сельскохозяйственных производств, но это может быть непозволительной роскошью для небольших семейных ферм Африки или Индии.

Примером другого «минималистического» подхода, направленного на удовлетворение нужд малых ферм развивающихся стран, является компания Sistema.bio.

Компания была основана в 2010 году в Центральной Мексике. Sistema.bio работает с более чем 53 200 фермами в 31 стране мира, ставя задачу обеспечить чистую энергию и устойчивые методы ведения сельского хозяйства для 100 миллионов фермеров на более чем 15% сельскохозяйственных угодий мира мире (при этом фокусируясь на беднейших странах и регионах). В соответствии с Глобальной климатической программой («Global Climate Agenda») Sistema.bio взяла на себя обязательство оказать влияние на более чем 1,5 миллиона человек (290 000 ферм) к 2025 году, что должно привести к сокращению выбросов парниковых газов на 5 миллионов тонн, а к 2030 году сократить на 1% ежегодные глобальные выбросы парниковых газов. Согласно годовому отчету за 2022 компания продала 16,452 установок и при этом заработала 6,9 млн долларов; несложные подсчеты свидетельствуют о том, что одна установка обходится менее 420 долларов!4



Источник: схема подготовлена авторами по материалам компаний Shell и Sistema.bio

Минимальное пространство, необходимое для самого маленького реактора, составляет около 9×4 м, а минимальный объем отходов, необходимый для умеренного климата, составляет 36 литров, которые могут производить две коровы среднего размера или 5 свиней. На момент написания статьи на сайте компании отражалась информация о более 102 тысячах этих установок, которые производят 225 млн м³ биогаза в год.

Поскольку крупнейшей, как по населению в целом, так и по сельскому населению, страной с очень высокой плотностью небольших ферм является Индия, то именно там данные технологии наиболее востребованы. Согласно оценкам Мировой биогазовой ассоциации (WBA), Индия располагает примерно миллиардом тонн биомассы в год.5

При этом очевидно, что низкий уровень доходов индийских фермеров требует крайне экономичных, доступных и простых решений. В прошлом году компания открыла в Индии крупнейшее в мире производство компактных стандартных биореакторов и к 2030 году планирует установить в Индии миллион своих реакторов.

Это решает как вопрос доступного и зеленого энергоснабжения сельского населения, так и важнейший вопрос утилизации отходов животноводства и растениеводства: большая часть сельскохозяйственных отходов ранее сжигалась, что приводило к росту респираторных заболеваний и смертей.

И это далеко не единственный поставшик компактных и доступных решений для массового получения биогаза. Таким образом, с одной стороны, развитие технологий биогаза обеспечивает наиболее развитые богатые страны, стремящиеся перейти на возобновляемые источники, с другой – обеспечивает доступные альтернативы газификации для наиболее бедных сельскохозяйственных регионов Африки и Азии. Заслуживает внимания тот факт, что аналогично развитию электрических микросетей (microgrids, nanogrids) локального электроснабжения, нашедшему широкое применение за счет резкого снижения цены на солнечные панели и «коробочные решения» для их подключения, описанные выше решения предоставляют аналогичную возможность локального

производства газа. Возможно, существующие объемы покажутся не столь значительными, но тенденции роста очевидны. Как это будет влиять на глобальные рынки газа покажет время.

Литература

- 1. https://anaerobic-digestion.com/
- 2. BTB 25 feb.indd (energiewende-global.com)
- 3. EN 16723-1:2016 Natural gas and biomethane for use in transport and biomethane for injection in the natural gas network (iteh.ai)
- Frontiers | Biomass Torrefaction Process, Product
 Properties, Reactor Types, and Moving Bed Reactor
 Design Concepts (frontiersin.org)
- 5. www.gasunie.nl
- 6. https://www.lemvigbiogas.com/GB.htm
- 7. https://www.verifiedmarketresearch.com/product/biogas-market
- 8. https://www.worldbiogasassociation.org/marketreport-india
- https://sistema.bio/wp-content/uploads/2022_ ANNUAL-REPORTv2_web-1.pdf
- 10. https://www.researchgate.net/ publication/277609550_Addressing_food_supply_ chain_and_consumption_inefficiencies_potential_ for_climate_change_mitigation
- 11. https://www.verifiedmarketresearch.com/product/biogas-market/.

KEYWORDS: green energy, carbon footprint, secondary resources, energy supply, closed-loop economy.

² Anaerobic Digestion Cost – Plus Gate Fees and Other Rules of Thumb (anaerobic-digestion.com.

³ https://www.lemvigbiogas.com/GB.htm.

https://sistema.bio/wp-content/uploads/2022_ ANNUAL-REPORTv2_web-1.pdf.

⁵ https://www.worldbiogasassociation.org/marketreport-india/.

СНОСТЬ

СНИЖЕНИЕ ШУМА

на объектах транспорта газа

Бердник Мария Михайловна

доцент кафедры недропользования и нефтегазового дела Инженерной академии Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, к.т.н.

Бердник Александр Григорьевич

ведущий научный сотрудник лаборатории защиты от физических воздействий, 000 «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н., доцент

Мирсамиев Нарзулло Абдугафорович

старший преподаватель кафедры недропользования и нефтегазового дела Инженерной академии Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы

Якобсон Даниил Максимович

магистрант кафедры недропользования и нефтегазового дела Инженерной академии Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСВЯЩЕНО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА ПРИРОДНОГО ГАЗА. В РАМКАХ РАБОТЫ БЫЛИ ИЗУЧЕНЫ СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА НА РЕГУЛЯТОРАХ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ. В ИССЛЕДОВАНИИ АНАЛИЗИРУЮТСЯ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ШУМА, РАССМАТРИВАЮТСЯ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЭТОЙ ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛАГАЮТСЯ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ МЕТОДОВ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ГАЗА, ПРОХОДЯЩЕГО ЧЕРЕЗ РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ ПОЗВОЛИЛО ВЫЯВИТЬ ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ВЫПРЯМЛЕНИЕ ЭТОГО ПОТОКА. ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ СФОРМУЛИРОВАНЫ ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО ВЛИЯНИЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТРУЕВЫПРЯМИТЕЛЕЙ НА ФОРМУ ПОТОКА. РАЗМЕР ЗОНЫ ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ И ИТОГОВЫЕ ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЗЛА РЕГУЛИРОВАНИЯ. В ХОДЕ РАБОТЫ УСТАНОВЛЕНО, ЧТО НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ВЫПРЯМЛЕНИЯ ПОТОКА ВЛИЯЕТ ТОЛЩИНА СТРУЕВЫПРЯМИТЕЛЯ, ФОРМА, РАЗМЕР И КОЛИЧЕСТВО ОТВЕРСТИЙ, ЧЕРЕЗ КОТОРЫЕ ПРОХОДИТ ПОТОК ГАЗА. ПРИ ЭТОМ КОНЕЧНАЯ СКОРОСТЬ НА ВЫХОДЕ ИЗ СТРУЕВЫПРЯМИТЕЛЯ НЕ ЗАВИСИТ ОТ ЭТИХ ПАРАМЕТРОВ И СООТВЕТСТВУЕТ ЗНАЧЕНИЯМ СКОРОСТИ. ФИКСИРУЕМОЙ В ТРУБОПРОВОДЕ, НЕ ОБОРУДОВАННЫМ СТРУЕВЫПРЯМЛЯЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

THE STUDY IS DEVOTED TO ENSURING SAFE WORKING CONDITIONS AT NATURAL GAS TRANSPORTATION FACILITIES. AS PART OF THE WORK, MODERN METHODS OF NOISE REDUCTION AT PRESSURE REGULATORS OF GAS DISTRIBUTION STATIONS WERE STUDIED. THE STUDY ANALYZES THE CAUSES OF NOISE. EXAMINES MODERN APPROACHES TO SOLVING THIS PROBLEM AND OFFERS RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE USED METHODS. NUMERICAL MODELING OF THE GAS FLOW PASSING THROUGH A PRESSURE REGULATOR MADE IT POSSIBLE TO IDENTIFY THE MAIN CRITERIA INFLUENCING THE EFFICIENCY OF DEVICES AIMED AT STRAIGHTENING THIS FLOW. BASED ON THE SIMULATION RESULTS. THE MAIN CONCLUSIONS WERE FORMULATED REGARDING THE INFLUENCE OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE FLOW STRAIGHTENERS ON THE FLOW SHAPE. THE SIZE OF THE VORTEX FORMATION ZONE AND THE FINAL NOISE CHARACTERISTICS OF THE CONTROL UNIT. DURING THE WORK IT WAS ESTABLISHED THAT THE EFFICIENCY OF THE FLOW STRAIGHTENING PROCESS IS AFFECTED BY THE THICKNESS OF THE FLOW STRAIGHTENER, THE SHAPE, SIZE AND NUMBER OF HOLES THROUGH WHICH THE GAS FLOW PASSES. AT THE SAME TIME. THE FINAL VELOCITY AT THE OUTLET OF THE FLOW STRAIGHTENER DOES NOT DEPEND ON THESE PARAMETERS AND CORRESPONDS TO THE VALUES OF THE VELOCITY RECORDED IN THE PIPELINE, NOT EQUIPPED WITH A FLOW STRAIGHTENER

Ключевые слова: газораспределительные станции, регуляторы давления, снижение шума, струевыпрямители, шумоизоляционные материалы.

В России крупнейшая в мире сеть магистральных газопроводов, протяженность которой составляет более 170 тысяч километров.

Проблема повышенного шума актуальна для любой области нефтегазового сегмента от мест добычи до перерабатывающих заводов. В рамках настоящей работы исследованы вопросы повышенного шума на газораспределительных станциях.

При транспортировке газа по магистральному трубопроводу рабочее давление может достигать значений до 11 МПа, в то время

как давление в городских газовых сетях может быть ниже 5кПа. Для снижения давления перед поступлением в городские газовые сети газ поступает в газораспределительные станции (ГРС), где регуляторы снижают величину внутреннего давления в трубопроводах до требуемых параметров. Процесс снижения давления влечет за собой высокий уровень звука, достигающий в некоторых случаях 110 дБА. При этом допустимый уровень шума газорегуляторных пунктов и установок по ГОСТ 34011-2016 должен находиться

в пределах 80 дБА. Поскольку газораспределительные станции, как правило, характеризуются близким расположением к селитебной территории, к этим объектам выдвигаются повышенные требования по уровню шума на границах санитарных защитных зон. Кроме того, приоритетным направлением государственной политики в производственной области по указу президента РФ «Об основах государственной политики Российской Федерации в области промышленной безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу» является снижение

621.6

УДX

РИСУНОК 1. Конструктивное исполнение рассматриваемых компрессорных станций



уровня смертности и травматизма от несчастных случаев, а также развития заболеваний, непосредственно связанных с профессией. В связи с этим приведение шумовых характеристик промышленного оборудования к нормативным значениям, а также снижение негативного влияния шума на работников является важной производственной задачей [1,2].

На сегодняшний день можно привести следующую классификацию методов защиты от шума (рисунок 1) [3].

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума представляют собой комплекс мероприятий, направленный на снижение шумовых характеристик либо на этапе планирования предприятия, либо реконструкции или ремонта (оптимальная расстановка зданий и оборудования на предприятиях с учетом показателей шума, оптимальное расположение рабочих мест и т. д.).

Организационно-технические средства защиты от воздействия включают в себя мероприятия по рациональной организации работы, а также устанавливают необходимость использования работниками средств индивидуальной защиты (СИЗ). К данным мероприятиям защиты от шума относятся:

- проведение регулярных проверок на предприятии и рабочих местах;
- обеспечение работников СИЗ (например, специальными

наушниками, касками или шлемами, в отдельных случаях может понадобиться применение противошумных костюмов);

 проведение медосмотра работников не реже раза в год и т.д.

Как видно по рисунку выше выделяется еще один тип защиты от шума — акустический, который в свою очередь подразделяется на звукоизоляцию, звукопоглощение и использование глушителей шума в источнике [3].

Звукоизоляция включает в себя такие методы как:

- 1) Использование защитных кожухов, чехлов, которыми укрывают оборудования. Чехлы и кожухи изготавливаются из специальных материалов, которые способны гасить шум на различных частотах.
- 2) Экранирование шума или использование ограждений. Экраны и ограждения отражают шум от источника, меняя путь его распространения, что защищает объекты за экраном или ограждением (например, жилые дома) от воздействия шума.
- 3) Установка звукоизолирующих кабин. Расположение пульта управления в подобных кабинах приводит к уменьшению воздействия шума на работников и т.д. [4].

Если звукоизоляция основана на отражении или гашении звука, то звукопоглощение заключается в поглощении шума специальными материалами (например, зернистые, мягкие или волокнистые материалы, при попадании на которые звуковые волны поглощаются пустым пространством в материале). На производстве в помещениях шумоизолирующие материалы монтируются на поверхности пола, стен и потолка, а также окон и дверей. Также одним из способов шумопоглощения является использование облицовочных материалов, например бетонного покрытия или кирпичной облицовки.

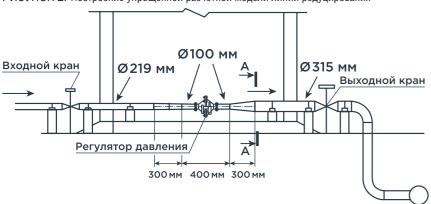
Еще один метод борьбы с шумом – глушители шума. Глушители можно устанавливать непосредственно в источнике шума, путем перепроектирования оборудования или добавления специальных вставок [4].

Рассматривая в качестве объекта исследования газораспределительную станцию, было установлено, что основным источником шума в пределах ГРС является регулятор давления и линия редуцирования в целом [5].

Рассматривая причины повышенного шума, было установлено, что шум в регуляторе давления имеет две составляющие - аэродинамическую, вызванную высокими скоростями и образованием вихрей в потоке, а также механическую, связанную с воздействием вихревого потока на внутреннюю поверхность трубы. При этом аэродинамический шум имеет локальный характер и может быть снижен путем применения звукопоглощающего кожуха на участке расположения регулятора давления и следующем за ним по ходу течения газа, где также наблюдаются высокие скорости потока, а распространение механического шума наблюдается на довольно протяженном участке за счет распространения звуковой волны по металлу трубы. Таким образом, механический шум способен распространяться от места вихреобразования вплоть до выходного крана (рисунок 2). Это подтверждается и результатами замеров уровня звукового давления [5], которые фиксируют более высокие значения на выходном кране по сравнению с входным. Объяснение этому явлению может заключаться в том, что звуковая волна, вызванная ударами вихрей о стенку трубы, распространяется по металлу в обе стороны от источника, но при этом распространение в сторону входного крана ограничено самим регулятором [6]. Причиной

СТЬ

РИСУНОК 2. Построение упрощенной расчетной модели линии редуцирования



прерывания распространения звуковой волны в сторону входного крана очевидно является фланцевое соединение, которое обычно используется для установки регулятора давления. Фланцевое соединение препятствует распространению звуковой волны по металлу, в результате чего на входном кране звуковые параметры ниже, чем на выходном.

На основании выдвинутого предположения поиск решения осуществлялся сразу по двум направлениям – уменьшить зону вихреобразования и прервать распространение звуковой волны по телу трубы.

Чтобы визуализировать процессы, происходящие в трубопроводе при прохождении газа по линии редуцирования, и определить поле скоростей на различных ее участках, было выполнено численное моделирование в программном комплексе Ansys Workbench 19.2 с использованием модуля CFX.

При моделировании использовались параметры, соответствующие линии редуцирования, представленной на рисунке 2.

Газ на участке поступает из труб с диаметром 219 мм во входной патрубок газорегулятора диаметром 100 мм, а дальше через выходной патрубок и конические переходы попадает в трубы диаметром 315 мм. При моделировании потока использовалась упрощенная схема, при которой регулятор представлен местным сужением проходного сечения трубы.

Фактическая скорость на участке трубопровода рассчитывалась по формуле:

В качестве граничных условий

редуцирования.

использовались значения скорости

потока и давления на входе линии

$$v_{\phi} = v \cdot \frac{Q_{\phi}}{2 \cdot d^2}$$

где v — скорость потока сжатого

 Q_{ϕ} – объемный расход сжатого газа для реальных условий, м 3 /ч;

d – внутренний диаметр трубопровода, м.

Таким образом при скорости потока на входе 55,926 м/с и давлении 4 МПа было получено

поле скоростей, характерное для газового потока, проходящего через регулятор давления. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

Из рисунка видно, что при заданных условиях в трубопроводе возникает существенная зона вихреобразования, а также наблюдается возрастание скорости в узком сечении трубы.

Для выпрямления потока газа была спроектирована модель струевыпрямителя (рисунок 4) в виде плоской шайбы круглого сечения со сквозными отверстиями [7]. Установка такого выпрямляющего устройства предполагается в сечении A-A (рисунок 2).

Геометрические параметры подобного струевыпрямляющего устройства очевидно должны оказывать влияние на форму и характеристики потока на выходе. В рамках исследования рассматривались струевыпрямители, отличающиеся количеством отверстий, их размером, а также длиной струевыпрямлящих трубок. Всего смоделировано более 100 различных типов конструкций, при этом полученные результаты довольно противоречивы.

Так рассматривались струевыпрямители с количеством отверстий от 5 до 127 штук, расположенных равномерно по всему поперечному сечению трубы. Диаметр отверстий при этом менялся от 20 до 80 мм. В целом на рассмотренных вариантах отмечается уменьшение интенсивности вихреобразования при увеличении числа отверстий и уменьшении их диаметров, однако

РИСУНОК 3. Поле скоростей газового потока, проходящего через регулятор давления [материалы автора]

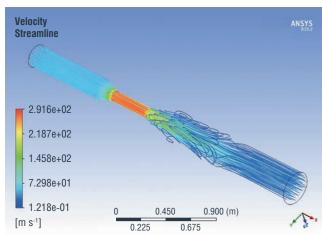
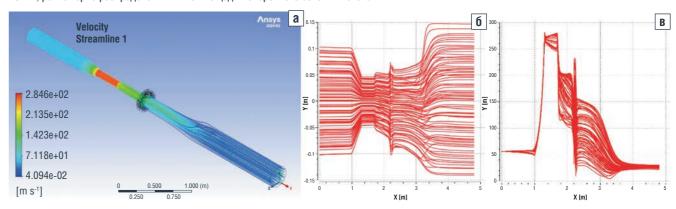


РИСУНОК 4. Устройство для выпрямления газового потока [материалы автора]



РИСУНОК 5. Результаты моделирования потока газа, проходящего через струевыпрямитель длиной 200 мм со 127 отверстиями диаметром 20 мм, равномерно распределенными по площади поперечного сечения потока



а – поле скоростей потока, б – форма потока, в – график изменения скорости потока

при этом нет однозначной связи с длиной струевыпрямителя. Для каждого случая рассматривались 4 типа характерной длины -50 мм, 100 мм, 150 мм и 200 мм. В большинстве случаев увеличение длины струевыпрямителя ведет к сокращению интенсивности вихреобразования, однако при большом числе отверстий малого диаметра и длине струевыпрямителя 150 мм зафиксирован высокий рост интенсивности вихреобразования. Увеличение длины такого струевыпрямителя до 200 мм привело к практически полному исключению вихревой зоны. Результаты моделирования потока газа, проходящего через струевыпрямитель длиной 200 мм со 127 отверстиями диаметром 20 мм, равномерно распределенными по площади поперечного сечения потока, представлены на рисунке 5.

Полученный результат позволяет говорить об эффективности предложенного решения, однако для каждого конкретного случая оптимальные параметры могут меняться. Правильно подобранные параметры струевыпрямителя обеспечивают отсутствие зоны вихреобразования на участке, следующем за струевыпрямителем. При этом вихри, которые сохраняются на участке, предшествующем установке струевыпрямителя будут формировать механический шум, вызванный ударами потока о металлическую стенку трубы. Такой шум будет распространяться по металлу на довольно большие расстояния. Для локализации зоны распространения звуковой волны по стенке металла трубы предлагается устанавливать струевыпрямитель на фланцевом соединении.

Дополнительно можно предложить рассмотреть возможность изготовления струевыпрямителя из полимерных синтетических материалов, которые имеют более низкую звукопроводимость, тогда механический шум, вызванный ударами потока газа о стенку трубы будет полностью локализован между регулятором давления и струевыпрямителем.

Кроме того, следует отметить, что для всех рассмотренных случаев характерно снижение скорости потока. На расстоянии 1 м после установки струевыпрямителя скорость потока стабилизируется и становится равной 33 м/с. Это же значение наблюдается в аналогичном сечении трубопровода, необорудованного струевыпрямителем (на расстоянии 1,5 м от центра регулятора давления (рисунок 2)). Таким образом, можно утверждать, что источник высокочастотного аэродинамического шума, вызванного большими скоростями потока имеет протяженность, не превышающую 1,5 м и включает в себя сам регулятор давления и участок следующий за ним в направлении потока газа. Локализация зоны возникновения вихревых потоков также позволяет преобразовать источник механического шума из линейного в точечный. В результате предложенного решения источник как аэродинамического, так и механического шума будет иметь небольшую протяженность. Для подавления шума на этом участке могут использоваться различные защитные конструкции, изготавливаемые из звукопоглощающих материалов. Подобные мероприятия

позволят свести к минимуму шум, возникающий на линиях редуцирования газораспределительных станций. При этом аналогичное решение может использоваться и на других объектах, где наблюдается рост скоростей потока газа и имеется вероятность вихреобразования. Использование струевыпрямителей позволит локализовать шум в источнике, что приведет к снижению общего уровня шума на объекте.

Литература

- Иконникова Н.В. Риски утраты профессионального здоровья у работников газотранспортного предприятия, действующего в условиях, приравненных к Крайнему Северу / Н.В. Иконникова, И.В. Бойко, Н. Александр // Медицина труда и промышленная экология. – 2023. – Т. 63. – №. 4. – С. 218 – 225.
- Тананаева О.А. и др. Факторы, влияющие на здоровье // Шестьдесят вторая международная научнопрактическая конференция наука и образование. – С. 41.
- Ветошкин А.Г. Нормативное и техническое обеспечение безопасности жизнедеятельности. Ч. 2. Инженерно-техническое обеспечение безопасности жизнедеятельности: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. – 2-е изд. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с. – С. 378.
- Тупов В.Б. Снижение шума от оборудования на территории энергетических объектов и в окружающем районе // Защита от повышенного шума и вибрации. – 2023. – С. 211–219.
- Бердник М.М. Разработка технического решения по снижению уровня шума на газораспределительных станциях / М.М. Бердник, А.Г. Бердник, Д.М. Якобсон, Д.Н. Екимов, С.И. Никифоров // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № S3.
- 6. Легуша Ф.Ф. Дисперсия скорости звука волны, распространяющейся в среде с потерями, находящейся в цилиндрической трубе с теплопродными стенками / Ф.Ф. Лягуша, Г.В. Чижов, К.Н. Пялов // Труды всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики. 2023. С. 448.
- Бердник М.М. Исследование причин повышенного уровня шума на газораспределительных станциях / М.М. Бердник, О.А. Волкова, А.Г. Бердник // Трубопроводный транспорт — 2022, Уфа, 17—18 ноября 2022 года. — Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2022. — С. 284—285.

KEYWORDS: gas distribution stations, pressure regulators, noise reduction, jet straighteners, sound insulation materials.

ТРАНСПОРТИРОВКА

KA 🛑

ОБНАРУЖЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ УНВ

с помощью метода материального баланса на технологическом участке МНП при стационарном режиме

ПОСЛЕДСТВИЯ УТЕЧЕК И НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ВРЕЗОК ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НЕФТИ НЕСУТ СЕРЬЕЗНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ. ПОЭТОМУ КОМПАНИИ ЗАИНТЕРЕСОВАНЫ В АНАЛИЗЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК И НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ВРЕЗОК НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ. НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫМИ ЯВЛЯЮТСЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ, АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ И ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОДЫ, НО ОНИ ИМЕЮТ РЯД НЕДОСТАТКОВ. ОПТИМАЛЬНЫМ РЕШЕНИЕМ МОЖЕТ ОКАЗАТЬСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК И ВРЕЗОК. В СТАТЬЕ ПРИВЕДЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННОГО МЕТОДА НА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УЧАСТКА НЕФТЕПРОВОДА. ВЫЯВЛЕНО, ЧТО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МГНОВЕННОГО ДИСБАЛАНСА МАСС ПОЗВОЛЯЕТ ЛОКАЛИЗОВАТЬ УТЕЧКИ С ТОЧНОСТЬЮ ДО ШАГА РАЗБИВКИ НЕФТЕПРОВОДА, ПРИ НАЛИЧИИ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПО УСТАВКАМ ДАВЛЕНИЯ НА РАССМАТРИВАЕМОМ ПЕРЕГОНЕ РАСЧЕТНЫЙ ДИСБАЛАНС МЕНЕЕ ВЫРАЖЕН, ЧЕМ ПРИ ОТСУТСТВИИ ТАКОВОГО. ВВЕДЕНИЕ В РАСЧЕТНУЮ МОДЕЛЬ РЕАЛЬНОЙ РАСКЛАДКИ ТОЛЩИН СТЕНОК НЕФТЕПРОВОДА ПРИБЛИЖАЕТ ЕЕ К РЕАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ. АВТОРЫ УВЕРЕНЫ, ЧТО ПРИМЕНЕНИЕ РАССМАТРИВАЕМОГО МЕТОДА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ УТЕЧЕК И ВРЕЗОК ПРИВЕДЕТ К СНИЖЕНИЮ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЗА СЧЕТ УМЕНЬШЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВНЕПЛАНОВЫХ ОБЛЕТОВ И ОБЪЕЗДОВ ТРАССЫ, ВЫЗВАННЫХ ЛОЖНЫМИ СРАБАТЫВАНИЯМИ ДРУГИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И СВЯЗАННЫХ С НИМИ ВНЕПЛАНОВЫХ ОСТАНОВОК НЕФТЕПРОВОДА

THE CONSEQUENCES OF SPILLAGE AND UNAUTHORIZED TAPPING IN OIL PIPELINE TRANSPORT CAUSE SERIOUS ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC DAMAGE. THEREFORE, COMPANIES ARE INTERESTED IN ANALYZING AND IMPROVING METHODS FOR DETECTING SPILLAGE AND UNAUTHORIZED TAPPING ON MAIN OIL PIPELINES. THE MOST COMMON ARE PARAMETRIC, ACOUSTIC-EMISSION AND FIBER-OPTIC METHODS, BUT THEY HAVE A NUMBER OF DISADVANTAGES. THE OPTIMAL SOLUTION MAY BE TO USE THE MATERIAL BALANCE METHOD TO DETECT SPILLAGE AND TAPPING. THE ARTICLE PRESENTS THE RESULTS OF APPLYING THIS METHOD TO A MATHEMATICAL MODEL OF A TECHNOLOGICAL SECTION OF AN OIL PIPELINE. IT WAS FOUND THAT THE DISTRIBUTION OF INSTANTANEOUS MASS IMBALANCE MAKES IT POSSIBLE TO LOCALIZE SPILLAGE ACCURATE TO THE PITCH OF THE OIL PIPELINE; IN THE PRESENCE OF FREQUENCY REGULATION BASED ON PRESSURE SETTINGS ON THE SECTION IN QUESTION, THE CALCULATED IMBALANCE IS LESS MARKED THAN IN THE ABSENCE OF IT. INTRODUCING THE ACTUAL LAYOUT OF OIL PIPELINE WALL THICKNESSES INTO THE SIMULATION MODEL BRINGS IT CLOSER TO REAL CONDITIONS. THE AUTHORS BELIEVE THAT THE USE OF THE METHOD UNDER CONSIDERATION FOR DETECTING AND LOCALIZING SPILLAGE AND TAPPING WILL LEAD TO A REDUCTION IN MATERIAL COSTS BY REDUCING THE NUMBER OF UNSCHEDULED OVERFLIGHTS AND DETOURS OF THE ROUTE CAUSED BY FALSE ALARMS OF OTHER CONTROL SYSTEMS AND ASSOCIATED UNSCHEDULED SHUTDOWNS OF THE OIL PIPELINE

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод материального баланса, обнаружение утечек и несанкционированных врезок, локализация утечек и несанкционированных врезок, нефтепровод.

Шестаков Роман Алексеевич

доцент кафедры нефтепродуктообеспечения и газоснабжения, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к.т.н., доцент

Синельников Сергей Владимирович

главный технолог, 000 «Транснефть – Дальний Восток»

Бреднев Константин Сергеевич

студент кафедры нефтепродуктообеспечения и газоснабжения, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина Трубопроводный транспорт является наиболее распространенным способом транспортировки нефти в России. А магистральные нефтепроводы являются стратегически важными объектами, которые должны обеспечивать бесперебойную и своевременную доставку нефти [1]. От их работы зависит не только экономическое благосостояние граждан РФ, но и уровень надежности экспортных поставок, осуществляемых отечественными компаниями.

Основной опасностью для нефтепроводов является утечка или несанкционированная врезка, которые ведут к серьезным последствиям [2-5]. В первую очередь, это экономический ущерб, включающий в себя стоимость потерянной технологической нефти, затраты на ремонт нефтепровода и дополнительные энергозатраты, направленные на восполнение требуемых объемов перекачки [6, 7]. Во вторую очередь, разлив транспортируемого углеводородного сырья наносит урон как природе, так и человеку.

621

Компании, оказывающие услуги по транспортировке нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам РФ, а также за границы нашей страны, заинтересованы в изучении и модернизации существующих методов обнаружения утечек.

Актуальность темы работы заключается в том, что нефтяная отрасль является ведущей в отечественной промышленности, включает в себя важнейший аспект – транспортировку нефти. Поэтому необходимость изучения и развития методов обнаружении утечек и несанкционированных врезок в нефтепроводах обусловлена экономическими, экологическими, политическими составляющими национальных интересов нашей страны.

Метод материального баланса обнаружения утечек на нефтепроводе

Метод материального баланса основан на сравнении сумм элементарных масс нефти, заключенных в объеме трубопровода от сечения x_1 до сечения x_2 . Они вычисляются при определенных распределениях давления и температуры в момент

времени «до утечки» и в момент времени «после утечки». Разность сумм элементарных масс (дисбаланс) указывает на наличие утечек и несанкционированных врезок (УНВ) на рассматриваемом участке нефтепровода [8–13].

Математическая интерпретация метода материального баланса имеет следующий вид [10]:

$$\Delta M = M_t - M_{t_0}, \tag{1}$$

где M_t – масса нефти на участке в момент времени t (после образования УНВ), т; M_{t_0} – масса нефти на участке в момент времени t_0 (до образования УНВ), т.

Интегральная (суммарная) масса определяется по следующей формуле [10]:

$$M = \rho_0 \cdot S_0 \cdot \int_{x_1}^{x_2} (1 + (2 \cdot \alpha_T - \xi) \cdot (T(x) - T_0) + \left(\frac{1}{K_P} + \frac{D \cdot (1 - \nu_{\Pi}^2)}{E \cdot \delta}\right).$$
 (2)
$$\cdot (P(x) - P_{\text{atm}})) dx,$$

где ρ_0 – плотность при 20 °C, кг/м³; S_0 – площадь сечения, м²; d – внешний диаметр, мм; δ – толщина стенки, мм; α_T – коэффициент объемного расширения стали, 1/K; ξ – коэффициент объемного расширения нефти, 1/K; E – модуль Юнга, Па; $\nu_{\rm п}$ – коэффициент Пуассона; P(x), T(x) – среднее значение давления и температуры на участке от x_1 до x_2 , МПа, °C; $P_{\rm атм}$ – атмосферное давление, Па; T_0 – начальная температура, °C.

Формула, представленная выше, учитывает зависимость плотности от температуры и давления и изменение диаметра трубопровода под действием разности внутреннего и внешнего давлений.

Режим работы технического участка (ТУ)

Расчет проведен по следующим данным.

Выбранный режим работы нефтеперекачивающих станций ТУ – (2/3-3-3-3):

- НПС-1: НПВ-3600-13 2 ед., НМ 7000-250-3 – 3 ед.
- На НПС-2: HM 7000-250-3 3 ед.
- На НПС-3: НМ 7000-250-3 3 ед.
- Ha HПС-4: HM 7500.249 3 ед.

Сниженный режим работы нефтеперекачивающих станций TV – (2/2-1-2-1):

- HПС-1: НПВ-3600-13 2 ед., HM 7000-250-3 – 2 ед.
- На НПС-2: НМ 7000-250-3 1 ед.
- На НПС-3: НМ 7000-250-3 2 ед.
- На НПС-4: HM 7500.249 1 ед.

Все данные по нефтеперекачивающим станциям обезличены.

Методология расчета применительно к рассматриваемому технологическому участку

Схема расчета:

- 1 Производится расчет стационарного неизотермического режима работы 2/3-3-3.
- 2 Производится расчет суммарной массы нефти на участке от НПС-1 до НПС-2.
- 3 Производится расчет стационарного неизотермического режима работы 2/3-3-3-3 с утечкой на участке от НПС-1 до НПС-2.
- 4 Производится расчет суммарной массы нефти на участке от НПС-1 до НПС-2 с учетом перераспределения давления при утечке.
- 5 Производится оценка разности масс (дисбаланса) между массами на режиме 2/3-3-3-3 без утечки и на режиме 2/3-3-3-3 с утечкой.

Результаты расчета обнаружения утечки при режиме работы ТУ 2/3-3-3-3 с частотным регулированием

Для численной апробации методики был произведен ряд расчетов с утечкой на участке от НПС-1 до НПС-2 с расходом 110 м³/ч, равным погрешности установленных ультразвуковых расходомеров.

Графическое представление результатов расчета режима работы 2/3-3-3-3 с утечкой на 3943 км и без нее представлено на рисунке 1.

При утечке с расходом, равным имеющейся погрешности ультразвуковых расходомеров, линии гидроуклонов отличаются друг от друга незначительно, а излом практически отсутствует. Следовательно, обнаружение утечки через визуальный анализ линий гидроуклонов затруднительно. В таких случаях



РИСУНОК 1. Графики линий гидроуклонов режима 2/3-3-3-3 без утечки и с утечкой 110 м³/ч на 3943 км



необходимо использовать математический метод расчета материального баланса.

Исходя из формулы (2), интегральная масса участка от x_1 до x_2 является функцией, зависящей от давления и температуры: M = F(P(x), T(x)). В данной расчетной модели вычисления производились с шагом в 1 км. P(x) и T(x) являются средними значениями давления и температуры на участке от x_1 до x_2 .

После образования УНВ распределение P(x) меняется, перераспределение же T(x) на данном участке незначительно. В месте отбора нефти изменение давления достигает пикового значения, что выражено появлением излома на линии гидравлического уклона. Интегральная масса в свою очередь, являясь функцией от P(x), изменяется в зависимости от величины изменения давления на участке от x_1 до x_2 . Дисбалансом является разница между интегральными массами выбранного участка до перераспределения P(x)и T(x) и после перераспределения.

Проведя оценку дисбаланса интегральных масс каждого километрового участка до и после появления УНВ, было обнаружено, что максимальное по модулю значение дисбаланса соответствует смоделированному месту УНВ: пиковое значение дисбаланса составляет 0,0061 тонн и фиксируется на 3943 км, что объясняется зависимостью M от P(x), T(x).

Данное утверждение графически проиллюстрировано на рисунке 2.

По вышеуказанному методу были проведены аналогичные расчеты для утечек с расходами 110, 300, 500 м³/ч в трех различных сечениях участка магистрального нефтепровода (МНП) от НПС-1 до НПС-2. Результаты представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что рассматриваемый метод фиксирует наличие утечек во всех случаях моделирования, т.е. в начале, в середине и в конце рассматриваемого участка. Однако утечки № 1 и № 3, расположенные близко к насосным станциям,

показывают меньшую величину дисбаланса в сравнении с утечкой № 2. Это объясняется тем, что на рассматриваемом режиме технологического участка 2/3-3-3-3 имеется частотное регулирование, реализованное гидромуфтами, работающее по принципу выдерживания уставок давления по выходу из 1-й НПС и входу 2-й НПС. Следовательно, необходимо провести аналогичные расчете при режиме работы ТУ без частотного регулирования.

Результаты расчета обнаружения утечек при режиме работы ТУ 2/2-1-2-1 без частотного регулирования

При сниженном режиме работы перекачки частота вращения насосных агрегатов максимальна и уже не зависит от уставок давления. Аналогичные расчеты были приведены для утечек с расходами 110, 300, 500 м³/ч, соответствующих координатам 3943, 4025, 4100 км. Данные представлены в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что при работе технологического участка на режиме 2/2-1-2-1, не зависящем от уставок регулирования, метод материального баланса показывает стабильные результаты (одного порядка цифр) независимо от места моделирования УНВ. На рисунке 3 представлен графический результат расчета.

РИСУНОК 2. Распределение дисбаланса для обнаружения его пикового значения

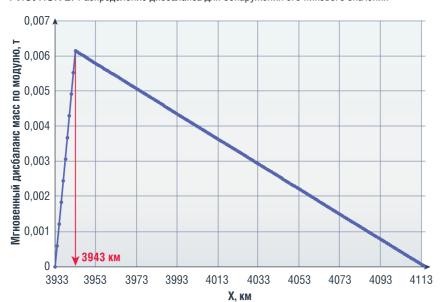


ТАБЛИЦА 1. Данные по расчету утечки с тремя расходами в трех сечениях при режиме перекачки 2/3-3-3-3

Q _{утеч} , м³/ч	Утечка № 1		Утечк	a № 2	Утечка № 3		
	Х, км	Δ M, тонн	Х, км	Δ M, тонн	Х, км	Δ М, тонн	
110	3943	0,6	4025	2,7		0,8	
300		1,5		7,3	4100	2,2	
500		2,6		12,1		3,6	

ТАБЛИЦА 2. Данные по расчету утечек с тремя расходами в трех сечениях при сниженном режиме перекачки 2/2-1-2-1

Q _{утеч} , м ³ /ч	Утечка № 1		Утечк	a № 2	Утечка № 3		
	Х, км	Δ M, тонн	X, KM	Δ M, тонн	Х, км	Δ М , тонн	
110	3943	47	4025	50,4		50,3	
300		53		62,1	4100	61,8	
500		59,4		74,5		73,9	

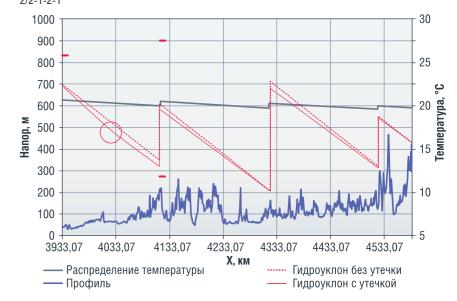
Анализ графика линии гидроуклона с УНВ при режиме 2/2-1-2-1, показанного на рисунке 3, относительно графика линии гидроуклона с УНВ при режиме 2/3-3-3-3, изображенного на рисунке 1, показывает, что при сниженном режиме работы излом линии гидроуклона более выражен из-за отсутствия регулирования по выходу НПС-1 и входу НПС-2. Что показывает влияние конфигурации режима работы на применение метода материального баланса.

Результаты расчета обнаружения утечек при фактической раскладке толщин стенок ТУ

Предыдущие расчеты были проведены на среднюю толщину стенки участка, равную 14 мм.

На основании имеющихся данных по раскладке на участке НПС-1 — НПС-2 был проведен расчет по определению наличия УНВ методом материального баланса при условиях, идентичных прошлым (места отбора, расход утечки), для двух вариантов режимов работы

РИСУНОК 3. Линии гидроуклонов без утечки и с утечкой 500 м³/ч на 4025 км при режиме 2/2-1-2-1



№ 1 (2/3-3-3-3), №2 (2/2-1-2-1). Данные по полученным расчетам приведены в таблицах 3 и 4.

Анализ таблиц 3, 4 показывает, что корреляция результатов расчетов при идентичных режимах работы МНП на участке со средней толщиной стенки и на участке

с реальной раскладкой толщин стенок сохраняется.

Введение реальной раскладки толщин стенок ТУ приближает расчетную математическую модель к реальным условиям. Также реальная раскладка влияет на изменение параметров режима

ТАБЛИЦА 3. Данные по расчету утечек с тремя расходами в трех сечениях при режиме перекачки 2/3-3-3-3 (реальная раскладка толщин стенок нефтепровода)

Q _{утеч} , м³/ч	Утечка № 1		Утечк	a № 2	Утечка № 3		
	X, KM	Δ M, тонн	X, KM	Δ M, тонн	Х, км	Δ М, тонн	
110	3943	2	4025	4,1	4100	2,3	
300		2,9		8,5		3,6	
500		3,9		13,2		5	

ТАБЛИЦА 4. Данные по расчету утечек с тремя расходами в трех сечениях при режиме перекачки 2/2-1-2-1 (реальная раскладка толщин стенок нефтепровода)

Q _{утеч} , м ³ /ч	Утечка № 1		Утечк	a № 2	Утечка № 3		
	Х, км	Δ М, тонн	Х, км	Δ М, тонн	Х, км	Δ М, тонн	
110	3943	47,6		50,9	4100	51	
300		53,2	4025	62,4		62,3	
500		59,3		74,6		74,3	

ТАБЛИЦА 5. Сравнение параметров расчета со средней толщиной стенки и с реальной раскладкой

Nº ⊓/п	Параметр	Режим № 1 (2/3-3-3-3) средняя толщина стенки	Режим № 1 (2/3-3-3-3) реальная раскладка	lΔl	Режим № 2 (2/2-1-2-1) средняя толщина стенки	Режим № 2 (2/2-1-2-1) реальная раскладка	lΔl
1	Q, м³/ч	5488	5434	54	4217	4198	19
2	ΣM_i , тонн	120 503,0	119 660,8	842,2	120 530,2	119 630,4	899,8

работы (расход и распределение давления), а следовательно, и на интегральную массу нефти на рассматриваемом участке.

Результаты сравнения расчетов со средней толщиной стенки и с реальной раскладкой приведены в таблице 5.

Анализ таблицы 5 показывает, что введение реальной раскладки толщин стенок нефтепровода в математическую модель существенно приближает расчетную модель к реальным условиям. Такая разница в значениях интегральной массы нефтепровода и расхода перекачки существенна для балансовых методов обнаружения утечек.

Выводы

• Проведенные расчеты показали, что точность определения наличия утечки методом материального баланса зависит от конфигурации режима, а именно: при наличии частотного регулирования по уставкам давления по выходу НПС-1 и входу НПС-2 расчетный массовый дисбаланс, определенный УНВ - минимален. Однако при работе на режиме с отсутствием частотного регулирования по уставкам давления (выход НПС-1, вход НПС-2) с идентичными параметрами утечек (координата, расход) расчетный массовый дисбаланс более выражен. Т.е. метод материального баланса показывает более высокую чувствительность при режимах работы без частотного регулирования.

- При наличии на режиме работы участков с регулированием по выходу НПС-1 и входу НПС-2 необходимо учитывать снижение чувствительности метода материального баланса и вводить дополнительные методы контроля целостности нефтепровода.
- Исходя из зависимости M от P(x), T(x), можно локализовать место УНВ, зная значения давления и температуры на каждом участке интегрирования до и после их перераспределения, вызванного появлением УНВ.
- Введение реальной раскладки толщин стенок нефтепровода в математическую модель существенно приближает расчетную модель к реальным условиям.
- Использование метода
 материального баланса позволит
 снизить количество облетов по
 причине «внеплановый облет»,
 уменьшит денежные потери
 от внеплановых остановок
 нефтепровода, связанных с
 ложным срабатыванием других
 систем контроля, и, таким
 образом, снизит энергозатраты
 на восполнение объемов
 перекачки. ●

Литература

- Земенков Ю.Д., Шабаров А.Б., Земенков М.Ю. Современные проблемы транспорта углеводородных газов, Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. 425 с.
- Земенков Ю.Д. Методологическое обеспечение экспертных расчетов утечек и выбросов при трубопроводном транспорте жидких углеводородов: специальность 25.00.19 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Тюмень, 1999. 360 с.
- Сеоев Л.В., Мельников Д.И., Земенкова
 М.Ю. Интеллектуальный мониторинг утечек нефтепродуктов при эксплуатации магистральных и

- мобильных нефтепродуктотранспортных систем // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2022. № 5–6 (125–126). С. 90–92.
- Сунагатуллин Р.З. Способ контроля баланса нефти при квазинестационарных режимах работы участка нефтепровода с безнапорным течением // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. Т. 11, № 1. С. 40— 45. DOI: 10.28999/2541-9595-2021-11-1-40-45.
- Нехитрова Е.К. Причины ложных срабатываний систем обнаружения утечек и способы их устранения // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2021. С. 3273—3277.
- Матвеева Ю.С., Дейнеко С.В. К вопросу о параметрических методах контроля герметичности магистральных нефтепроводов // Тезисы докладов VII Региональной научно-технической конференции, посвященной 100-летию В.Л. Березина. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2023. С. 394
- 7. Филиппов С.А., Матвеева Ю.С. К вопросу о нормативных методах обнаружения утечек нефти и нефтепродуктов // Сборник тезисов 73-й Международной молодежной научной конференции. Том 2. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2019. С. 242—243.
- Шестаков Р.А. Разработка методики параметрической диагностики технологических участков магистральных нефтепроводов: дис. ... канд. техн. наук. М, 2019. 155 с.
- Лурье М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа, М.: Нефть и газ, 2003. 335 с.
- Зверев Ф.С. Модифицированный метод материального баланса для оперативного определения утечек жидкости из трубопровода, М.: Нефть и газ, 2008. 398 с.
- Зверев Ф.С. Совершенствование технологий обнаружения утечек нефти из трубопроводов дис. ... канд. техн. наук. М., 2010. 173 с.
- 12. Лурье М.В. Повышение безопасности транспортировки нефти и нефтепродуктов путем внедрения непрерывного мониторинга массы жидкости на участках трубопровода // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 5. С. 68 75.
- Чионов А.М., Амерханов А.А., Кудрицкий А.В. Стохастическая модель материального баланса для обнаружения утечек в нефтепроводе // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. Т. 9, № 6. С. 633—639. DOI: 10.28999/2541-9595-2019-9-6-633-639.

KEYWORDS: material balance method, detection of leaks and unauthorized taps, localization of leaks and unauthorized taps, oil pipeline.



VSMAS Промышленно-энергетический форум TNF 2024

Адрес проведения выставки: г. Тюмень, ул. Республики 142, Тюменский ТЕХНОПАРК

16-19 сентября

Комплексные решения для нефтегазовой отрасли

На стенде **СНІМТ** будут представлены решения:

O1 электроэнергии и управления электродвигателями

Шинопровод ENTERRA

О2 для распределения электроэнергии любой сложности до 6300A

Системы автоматизации ENSMAS

Комплексное решение для непрерывных процессов: DCS, PLC SIL2/SIL3, AMS, AAM, APC



ensmas.ru



ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВНУТРЕННЕГО НЕФТЕГАЗОВОГО РЫНКА

к влиянию внешнеэкономических факторов

В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНЫ ВОПРОСЫ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ С ПОЗИЦИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА. НА ПРИМЕРЕ СТРАН ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА (ЕАЭС) ПОКАЗАНА РОЛЬ ПОЛИТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ВНУТРЕННИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ. В ЧАСТНОСТИ, УЧИТЫВАЮТСЯ РАЗЛИЧИЯ В СТРУКТУРЕ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ И ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВЫХ ДОКУМЕНТОВ РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА, ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ КОМПЛЕКСНЫЙ УЧЕТ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОЕКТОВ. ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОТНОШЕНИЯ НАХОДЯТ ОТРАЖЕНИЕ В ТРАНСФОРМАЦИИ НЕ ТОЛЬКО УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, НО И ВСЕГО ВНУТРЕННЕГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА. РАЗРАБОТАНЫ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА (ГР НГК), ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО УСТОЙЧИВОСТИ К ВНЕШНИМ ВЫЗОВАМ, В Т.Ч. ЗА СЧЕТ УКРЕПЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ПРЕДПРИЯТИЯМИ В СВЯЗАННЫХ С НГК ОТРАСЛЯМИ ПРОИЗВОДСТВА. ОСОБАЯ РОЛЬ В ДАННОМ ВОПРОСЕ ОТВОДИТСЯ РАЗВИТИЮ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ, КОМПЛЕКСНОМУ ВНЕДРЕНИЮ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВО ВСЕ ЭТАПЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, УГЛУБЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ СО СТРАНАМИ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

THE ARTICLE DISCUSSES CERTAIN ISSUES OF FOREIGN ECONOMIC RELATIONS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY FROM THE STANDPOINT OF ENSURING THE NATIONAL SECURITY AND ENERGY SUSTAINABILITY OF THE STATE. THE EXAMPLE OF THE COUNTRIES OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION (EAEU) SHOWS THE ROLE OF POLITICAL FACTORS IN INFLUENCING INTERNAL ECONOMIC PROCESSES. IN PARTICULAR, ARE TAKEN THE DIFFERENCES IN THE STRUCTURE OF PUBLIC ADMINISTRATION, THE SPECIFICS OF THE IMPLEMENTATION OF STRATEGIC AND PROGRAM-TARGETED DOCUMENTS FOR DEVELOPMENT OF THE FUEL AND ENERGY SECTOR, ARE CARRIED OUT THE COMPREHENSIVE RISK ACCOUNTING WHEN DEVELOPING OIL AND GAS PROJECTS. FOREIGN ECONOMIC RELATIONS ARE REFLECTED IN THE TRANSFORMATION OF NOT ONLY THE MANAGEMENT STRUCTURE OF OIL AND GAS ENTERPRISES, BUT ALSO THE ENTIRE DOMESTIC ENERGY MARKET. THEORETICAL AND METHODOLOGICAL PROVISIONS HAVE BEEN DEVELOPED TO IMPROVE THE MECHANISM OF STATE REGULATION OF THE OIL AND GAS COMPLEX, TO ENSURE ITS RESISTANCE TO EXTERNAL CHALLENGES, INCLUDING BY STRENGTHENING ECONOMIC INTERACTIONS BETWEEN ENTERPRISES IN INDUSTRIES RELATED TO THE OIL AND GAS COMPLEX. A SPECIAL ROLE IN THIS MATTER IS GIVEN TO THE DEVELOPMENT OF DEEP PROCESSING OF HYDROCARBONS, THE INTEGRATED INTRODUCTION OF ADVANCED TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AT ALL STAGES OF PRODUCTION PROCESSES, AND THE DEEPENING OF ECONOMIC INTEGRATION WITH COUNTRIES OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION

Ключевые слова: государственное регулирование, нефтегазовый комплекс, промышленность, углеводородные ресурсы, Евразийский экономический союз, экономическая интеграция, национальная безопасность, энергетическая безопасность.

Трофимов Сергей Евгеньевич

профессор Академии военных наук, к.э.н. Ключевая задача ГР НГК сводится к обеспечению внутреннего спроса на долгосрочную перспективу при исключительно прагматичной экспортной стратегии на различные зарубежные рынки сбыта, позволяющей максимизировать конечный результат, нести значительный кумулятивный эффект от накопленных и получаемых компетенций. Так, экономические и политические взаимодействия с

одним из крупнейших потребителей российского природного газа — Украиной — в последнее десятилетие претерпели существенные изменения [2].

Украина не обеспечила надежность и безопасность транзита российского газа в страны Европы, что послужило одной из ключевых

причин строительства, прокладки и последующего технологического обслуживания чрезвычайно дорогостоящих новых веток трубопроводов («Северный поток», «Турецкий поток», «Ямал – Европа» и др.), оцениваемых в десятки млрд долл.

В настоящее время государственные

решения в энергетической сфере в отношении Украины целесообразно осуществлять, исходя из текущей экономической и политической конъюнктуры, различных сценариев ее изменения и перспектив развития. Стоит учитывать, что любые заключенные соглашения и достигнутые договоренности могут быть в одностороннем порядке аннулированы в результате изменения в т.ч. военной ситуации. Как следствие, при принятии регулирующих решений в данном направлении необходимо принимать в расчет весь спектр взаимоотношений с Украиной, начиная с 1991 г., включая неисполнение контрактных обязательств, невыплаты по газовым долгам, прямую угрозу национальной безопасности, множество колоссальных расходов, связанных не только со строительством новых газопроводов, но и в области национальной обороны и ВПК, правовым и экономическим обеспечением вхождения Крыма, Севастополя, Донецкой и Луганской народных республик,

Запорожской и Херсонской областей в состав России, фактически экстраполировать прошедший опыт на долгосрочную перспективу. По оценкам зарубежных экспертов, начиная с 1991 г. суммарный причиненный ущерб от действий Украины только в газовой отрасли значительно превысил 50 млрд попп

Украина обладает значительной собственной сырьевой базой, при этом не способна распоряжаться ею эффективно для обеспечения потребностей экономики. При прогнозировании ключевых показателей функционирования НГК в конкретном регионе существенную роль следует отвести форс-мажорным политическим обстоятельствам и случайной составляющей.

Особо следует выделить межгосударственные энергетические взаимоотношения с Украиной по экспорту и транзиту природного газа. Газовый сектор страны фактически находится в частных руках и в процессе постоянного реформирования, отмечаются значительные нарушения и сбои в работе нефтегазотранспортной системы в отношении реализации продукции конечным потребителям. Накопленные во времена СССР компетенции постепенно утратили актуальность, в т.ч. ввиду низкой эффективности органов государственного управления. Решение или устранение барьерных вопросов по мере их возникновения, в случае с Украиной – обеспечение бесперебойности поставок и транзита природного газа, национальной и энергетической безопасности как результат

преодоления местного политического коллапса, экономического и правового вакуума способствовало серьезной проверке на прочность энергетической системы России, подкорректировало структуру экспорта ТЭР, переориентировало высвободившиеся в результате обрыва оставшихся взаимосвязей ресурсы и мощности на новые направления; с течением времени данные взаимосвязи могут быть возобновлены в измененном виде.

Существенные расхождения в

структуре органов ГР НГК различных стран учитываются при проведении внешней нефтегазовой политики: многие планируемые изменения уже реализуются на зарубежных рынках. Принятие накопленного опыта при осуществлении регулирующих действий содействует постепенному улучшению показателей функционирования НГК, в частности увеличению объемов промышленного производства, повышению уровня квалификации государственных служащих. Так, органы исполнительной власти должны быть подотчетны законодательной - парламенту, в т.ч. в отношении хода реализации государственной нефтегазовой политики. Прагматичная реализация стратегических инициатив возможна при устранении коррупциогенных факторов, высокой эффективности административного ресурса отдельных компаний, что позволяет нарастить собственные конкурентные преимущества.

Органичное сочетание и дополнение государственных программных, ведомственных и стратегических документов развития содействует ускорению достижения обозначенных в них целевых ориентиров за счет применения новых методов, средств и технологий, в т.ч. в отношении экспорта чистых углеводородов и продукции глубоких переделов, повышения устойчивости структуры национального ТЭБ. Например, разработка нефтегазовых запасов Украины несет значительные экономические и политические риски, связанные с обеспечением безопасности промышленных производств и осуществлением энергетических проектов.

Государства-импортеры также занимаются вопросами улучшения и оптимизации собственного ТЭБ, его диверсификации в отношении внешних поставок, разработкой альтернативных направлений внутреннего энергетического развития, совершенствованием и строительством необходимой нефтегазотранспортной инфраструктуры, в т.ч. в рамках совместных проектов с ключевыми экономическими субъектами НГК и правительствами других стран.

Значительные изменения и

ухудшения структуры национального ТЭБ Украины свидетельствуют о том, что в долгосрочной перспективе страна не сможет выйти из набирающей обороты негативной экономической спирали. При этом существуют различные прогнозы относительно внутреннего спроса на ТЭР: так, его планомерное увеличение связано с постепенным восстановлением инфраструктуры и системы ЖКХ, возможно за счет увеличения экспорта российского сырья и своевременного исполнения собственных долговых обязательств, отсутствия незаконных врезок и обеспечения безопасности транзита природного газа в Европу. Конкретизация всех аспектов заключаемых контрактов и соглашений важна в силу того, что любые возникающие нюансы могут быть оспорены в юридическом порядке. Например, природный газ, изначально продаваемый на Украину по ценам, сопоставимым с внутрироссийскими, перепродавался в Европу по среднемировым. Неурегулированными остается множество вопросов, связанных с долговыми обязательствами за экспорт и транзит природного газа на протяжении длительного периода, что тем не менее приводит к ответным судебным искам [16, 17].

Трансформация механизма ГР НГК В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВЫ30ВОВ

Преобразования структуры механизма ГР НГК, применяемых форм и инструментов воздействия, отдельные из которых изначально противоречат друг другу, в своей совокупности представляют кардинально иной, отличающийся от точечного воздействия результат. Это происходит в соответствии с требованиями внутренней

и внешней конъюнктуры, под влиянием которой они могут происходить многократно по каждому направлению или сегменту НГК. Так, пересматривается структура акционерного капитала, собственников и топ-менеджмента крупнейших нефтегазовых компаний, проектов, осуществляется перераспределение степени административных возможностей участников национального энергетического рынка, происходит появление новых и прекращается экономическая деятельность отдельных предприятий. На современном этапе продолжаются процессы трансформации рыночной системы, ее развития и совершенствования, в т.ч. за счет приватизации объектов государственной собственности, условия которой также должны быть детально прописаны в программных нефтегазовых документах. Ряд государств активно наращивают добычу углеводородов в пределах собственной юрисдикции, укрепляют промышленный и инвестиционный потенциал, что требует необходимых финансовых гарантий, затрагивает значимые аспекты обеспечения национальной и энергетической безопасности [9].

В соответствии с технологическими изменениями, конъюнктурой, конкретной позицией, этапом преобразований и потребностью в них, постоянная корректировка экономического законодательства затрагивает практически все ключевые формы и инструменты ГР НГК, направлена на стимулирование ускорения темпов роста, повышение общей эффективности функционирования ТЭК и экономики в целом. Это относится в т.ч. к бюджетно-налоговой политике зарубежных стран, направлено на совершенствование механизма ГР НГК, включая его блок контроля и корректировки результатов. Реорганизация и изменения структуры отдельных государственных ведомств предполагают появление новых задач, полномочий и функций, передачу существующих, удаление неэффективных или излишних. Так, совершенствование недропользования предусматривает разработку альтернативных государственных подходов в новых нефтегазовых центрах и провинциях, направлено на комплексное освоение недр, развитие нефтегазотранспортной системы, содействие внедрению

новейших технологий и минимизации производственных потерь на различных этапах экономической деятельности.

Прозрачность взаимодействий между предприятиями НГК внутри холдинговых и иных структур содействует сокращению непроизводительных расходов, повышению эффективности корпоративного управления производственными активами. Развитие нефтегазотранспортной инфраструктуры обеспечивает существенную экономию при реализации масштабных энергетических проектов, органичное развитие связанных отраслей и производств. Часть нефтегазопроводов используется для транзита углеводородов в Европу из некоторых государств СНГ. При разработке и введении в промышленную эксплуатацию нового месторождения должны быть детально проанализированы инвестиционные преимущества, просчитаны все экологические и иные риски, что содействует комплексной реализации проектов, налаживанию экономических и технологических процессов. На особом контроле предприятий находится распределение готовой продукции, отвечающей международным требованиям,

до конечных потребителей.

Устойчивое развитие национального НГК обеспечивает становление предприятий из связанных отраслей, улучшение социально-экономических показателей регионов и территорий, доминирующее положение государства в решении международных энергетических вопросов. Эффективность обусловлена в т.ч. выступлением в качестве связующего звена и важнейшего транзитного направления между государствами Европы и Азии. Структурные элементы механизма ГР НГК направлены на увеличение внутреннего промышленного производства и экспорта продукции глубокой переработки, нефтегазохимии, закрепление данных тенденций, планомерное развитие трубопроводной инфраструктуры, введение в эксплуатацию новых нефтегазопроводов, направленных на обеспечение энергетического спроса на внутреннем и экспортных рынках, расширение мирохозяйственных связей.

Большинство нефтегазовых предприятий разработали собственные долгосрочные программы развития, содержащие в т.ч. перспективы взаимодействий с органами государственной власти, правительствами ряда государств, другими энергетическими, инвестиционными компаниями. Некоторые маршруты поставок могут претерпевать существенные изменения в зависимости от экономических, политических, технологических, экологических и иных факторов. В частности, отдельно взятая партия углеводородного сырья вначале может транспортироваться через систему трубопроводов, а затем морским флотом или железнодорожными перевозками.

Устойчивое развитие НГК

предполагает постепенное наращивание промышленнопроизводственного потенциала, выход предприятий на проектную мощность, повышение производительности труда. В силу того, что предложение на углеводородную продукцию уравновешивает внутренний спрос по определенным ценам, приобретение долей в зарубежных нефтегазовых компаниях или проектах учитывает принятие политических рисков, в т.ч. изменения конъюнктуры и соответствия местного законодательства нормам международного права. Управленческие решения и действия зарубежных собственников компаний могут быть направлены на расширение производственных мощностей и привлечение новейших технологий во все сегменты нефтегазового рынка, что позволяет улучшить экологическую ситуацию, повысить эффективность недропользования, тем самым участвовать в реализации ранее нерентабельных энергетических проектов.

Совершенствование государственной энергетической политики требует понимания российской и мировой истории становления нефтегазовой промышленности, учета накопленного опыта для исследования направлений стратегического развития, повышения прагматизма при принятии регулирующих решений, профессиональных компетенций управленческого состава предприятий с государственным

участием. Устойчивое развитие НГК предполагает активное проведение ГРР, рыночных и административных преобразований, направленных в т.ч. на создание благоприятной ценовой конъюнктуры на глобальном топливно-энергетическом рынке, освоение наиболее перспективных нефтегазоносных участков, повышение эффективности механизма ГРЭ, содействие комплексному становлению нефтегазовых предприятий. В связи с тем, что ТЭК является важнейшей составляющей бесперебойного функционирования экономики, а также связующей артерией с зарубежными государствами, укрепление производственных мощностей содействует росту внешнего товарооборота, экспортных поставок и большей загрузки ключевых транспортных потоков [8, 14].

В России становление сегмента транспортировки углеводородов подразумевает расширение нефтегазотранспортной сети, строительство новых предприятий и объектов транспортной инфраструктуры, объединение и диверсификацию внутренних и экспортных направлений поставок, комплексное развитие рынков сбыта, системы хранения, портов, нефтеналивных терминалов в различных регионах страны, охватывающих все маршруты. Транспортировка занимает важнейшее место в структуре механизма функционирования ГР НГК, повышает его устойчивость, обеспечивает бесперебойность поставок углеводородов, позволяет выровнять определенные циклические колебания в структуре спроса и предложения.

Качественные изменения в экономически устойчивом развитии НГК основаны на интенсивном наращивании объемов производства продукции глубокой переработки, жестком регулировании и контроле его различных сегментов, содействии реализации крупнейших энергетических проектов, решении возникающих вопросов в максимально короткие сроки, наличии достаточных резервов, стабильности ключевых макроэкономических, отраслевых показателей функционирования относительно любых рисков, в т.ч. по отдельным месторождениям. Неравномерность распределения нефтегазовых предприятий предполагает определенный

энергодефицит в некоторых регионах страны, обычно компенсируемый за счет более высоких цен на конечную продукцию. Зачастую это обусловлено дополнительными затратами на транспортировку для потребителей и характерно для северных регионов и районов, в особенности в зимний период.

НГК находится в постоянном внутреннем развитии, направленном на повышение эффективности функционирования. Происходящие экономические процессы призваны укрепить его устойчивость и прозрачность, обеспечить долгосрочный рост производительности труда, ликвидировать кассовые разрывы и значительные временные лаги по отдельным проектам и преобразованиям между принятием регулирующих решений и эффектом от их практической реализации.

Не следует недооценивать роль и значение бюджетного, кредитного и иных видов финансирования заведомо неэффективных предприятий, обладающих необходимым административным ресурсом. Возможным уходом и средством защиты от возможных рейдерских атак, недружественных слияний и поглощений является получение кредитов в международных или зарубежных финансовых организациях, которые обычно заинтересованы в кредитовании или инвестировании в российский НГК в качестве привлекательного объекта получения долгосрочной высокой нормы прибыли на вложенный капитал. Условия кредитования в полной мере должны содействовать развитию нефтегазового бизнеса, а не его переходу в руки кредитора или третьей стороны бенефициара; это подразумевает укрепление экономической ситуации в регионах присутствия компаний. Непосредственно для финансовых организаций важна минимизация политических рисков, которые могут быть компенсированы благодаря приобретению доли в нефтегазовом проекте или совместном предприятии, в т.ч. за счет неуплаты

Активное внедрение инноваций и передовых технологий в НГК обусловлено, в частности, наличием значительных финансовых возможностей, центральной ролью в структуре национального ТЭБ, призвано обеспечить целостность

экономической политики и энергетическую безопасность государства. Несмотря на планомерное сокращение доли в структуре ВВП, в долгосрочной перспективе НГК продолжит оставаться фундаментом национальной экономики и основным источником доходов государственного бюджета. Постепенные видоизменения в структуре ТЭБ связаны в т.ч. повышением эффективности и экологичности его сегментов, одновременной национализацией и приватизацией предприятий, развитием альтернативных источников энергии, которые в долгосрочной перспективе не смогут существенно скорректировать роль и позиции нефтегазовой отрасли [6]. Значительное количество предприятий, в т.ч. дочерних компаний энергетических корпораций, целесообразно объединить в более крупные без потери эффективности с целью сокращения административных и иных видов расходов. Предприятиям следует ответственно подходить к экологической политике в регионах своего присутствия: минимизировать последствия деятельности, разрабатывать собственные экологические программы и мероприятия по сохранению и восстановлению окружающей среды. Полное обеспечение внутреннего энергетического спроса содействует устойчивому развитию хозяйственной системы, позволяет активно развивать различные отрасли и сегменты производства, образовывать новые взаимосвязи [13].

ГР внешнеэкономической деятельности предполагает развитие и укрепление взаимодействий с ключевыми потребителями государствами, обладающими необходимыми технологическими, инновационными разработками, ресурсным и кадровым потенциалом. Т.к. потребители российских углеводородов заинтересованы в уменьшении собственной энергетической зависимости, бесперебойности поставок и низких экспортных ценах, внешнеэкономическое направление ГР НГК подразумевает комплекс действий и мероприятий по проведению прагматичной государственной политики, анализ и разработку вариантов реализации и освоения крупнейших международных нефтегазовых проектов и месторождений.

Это позволяет получить значительный синергетический эффект от взаимодействий государства и топливно-энергетических предприятий.

Роль НГК в реализации государственной социальноэкономической стратегии сводится в т.ч. к стимулированию долгосрочных конкурентных преимуществ, укреплению «слабых звеньев» при функционировании, устранению негативных элементов в механизме ГР, расширению присутствия российских компаний на мировом нефтегазовом рынке и их административных возможностей. Каждый последующий уровень развития обычно выстраивается на предыдущем, который является для него платформой. Соответственно, принимаемые государственные решения основываются на уже принятых ранее, последовательном исполнении мероприятий энергетической политики исходя из стратегических перспектив, существующей конъюнктуры, планомерного решения возникающих вопросов. Отдельные положения действующих международных договоров и энергетических контрактов подлежат пересмотру, в т.ч. в отношении распределения долей и конечной прибыли в совместных предприятиях, условий оплаты за поставку ТЭР и предоставления услуг.

Возникновение новых региональных центров добычи и потребления углеводородов обусловлено, в частности, тем, что различные государства стремятся извлекать преимущества из географического расположения за счет отнесения к конкретному региону или возможности воздействия на него. Это позволяет им выступить связующим звеном в решении международных энергетических вопросов, сохранить и укрепить геоэкономические и геополитические позиции, отстаивать национальные интересы, развивать собственную экономику и инфраструктуру, получать дополнительную прибыль с направлений, смежных с НГК.

Ряд зарубежных стран активно участвуют в разработке международных энергетических документов и программ развития, проявляют инициативы по внесению изменений в существующую нормативно-правовую базу, объединяются с нефтегазовыми

корпорациями для решения стратегических и текущих вопросов, выступая при этом одним из центров принятия энергетических решений. Например, развитие системы транспортировки, строительство и совершенствование транспортных потоков сопряжено с различными рисками, может требовать жестких государственных действий. Т.е. методы, формы и инструменты ГР приобретают выраженный политический характер, направленный на создание экономических и административных условий и предпосылок для обеспечения эффективного функционирования НГК. Фактически в результате взаимодействий между субъектами нефтегазовой деятельности возможно появление альтернативных принципов, подходов и методов ГР НГК, принципиально нового инструментария регулирующего воздействия. В отдельных случаях это приводит к активному вмешательству других государств во внутреннюю энергетическую политику.

Данные взаимодействия обычно основаны на получении стратегических преимуществ, максимизации прибыли, обеспечении устойчивости и безопасности поставок. Так, на Украине искусственно дестабилизируются внутренняя экономическая ситуация, политические процессы, экспорт и транзит природного газа в европейские страны, которые заинтересованы в их надежности. Прямое деструктивное вмешательство в вопросы энергообеспечения обусловлено отсутствием необходимых профессиональных компетенций управленческого состава, недопущением усиления внешнеполитических позиций России, возможностью получения дополнительной прибыли и другими причинами. Разрешение различных ситуаций в мировом или национальном НГК обычно требует индивидуального государственного подхода; аналогично, схожие положения имеют альтернативные варианты действий. Например, заморозка строительства или функционирования крупных нефтегазовых проектов в результате административных решений и политических инициатив способна открыть новые перспективы дальнейшего роста [3, 10].

Развитие внешнеэкономических отношений в НГК

Развитие взаимодействий с зарубежными странами и международными институтами заключается в т.ч. в разработке и практической реализации документов стратегического развития, поиске административных возможностей и ресурсов для устойчивого развития НГК. Заключение крупных нефтегазовых контрактов и соглашений способствует диверсификации структуры внешних поставок и потребителей, позволяет разрешить отдельные государственные вопросы, устранить различные риски и экологические последствия. С целью повышения эффективности оказывается взаимная технологическая, консультационная поддержка на долгосрочной основе. При этом глобальные стратегические задачи содержат в себе множество оперативных факторов. Объективные макроэкономические показатели позволяют анализировать целостную ситуацию, скрытые мотивы и причинно-следственные связи различных процессов и

явлений [15]. Решение ключевых нефтегазовых вопросов на государственном уровне предполагает уточнение условий заключенных контрактов в результате резкого изменения политической конъюнктуры, предоставление льгот в обмен на долгосрочные экономические преимущества в иных сферах: в развитии ВПК, расширении интеграционных процессов, совершенствовании нефтегазовой инфраструктуры, в т.ч. системы трубопроводов и хранения. Современное технологическое оснащение и модернизация нефтегазовых объектов позволяет существенно повысить их загрузку и производительность. Это может быть достигнуто за счет участия иностранного капитала на всех этапах производственных процессов. В государственных и международных НПА могут содержаться детали нефтегазовых контрактов, условия использования энергетических объектов, маршруты трубопроводов, источники финансирования сторон. Значительное количество юридических расхождений выступает основанием возможного

расторжения контрактов; при этом должно жестко пресекаться деструктивное воздействие со стороны других участников с целью изменения их условий или срыва.

Реализация крупнейших нефтегазовых проектов предполагает долгосрочные конкурентные преимущества: развитие территорий и инфраструктуры, укрепление международных отношений, экономические перспективы государств-партнеров, снижение непроизводительных издержек. В международных проектах ключевую роль могут занимать совместно созданные правительствами, нефтегазовыми и финансовыми компаниями организации-операторы, каждая из которых выполняет множество функций по различным направлениям их развития. Структура собственников, участие представителей других государств в процессе принятия решений в каждом проекте индивидуальны.

Во внешней энергетической

политике отдельного внимания заслуживает Туркменистан, обладающий по оценке ВР около 13,6 трлн м³ разведанных запасов природного газа [18, с. 34]. Часть добываемых углеводородов экспортируется через внутреннюю систему трубопроводов, а также транзитом через территорию России. Значительные объемы запасов позволяют проводить взвешенную государственную политику. Правительство страны заинтересовано в повышении эффективности экспортных поставок, снижении расходов на транспортировку, сокращении зависимости от экономических рисков и устранении негативных политических факторов, что является основным условием для разработки множества нефтегазовых месторождений. Это возможно при органичной работе различных звеньев механизма ГР НГК, качественном усовершенствовании обеспечивающей системы, изучении внутренних и экспортных маршрутов, детальном расчете стоимости проектов и их экономической результативности.

С позиций государственного управления важен индивидуальный подход к освоению каждого географического региона, учитывающий специфику реализации проектов и разработки

залежей. Одна из задач ГР НГК заключается в выравнивании цен на углеводородную продукцию для внутреннего потребителя; полный охват территорий возможен при эффективном взаимодействии различных государственных ведомств. Субъекты нефтегазовой деятельности, обладающие необходимыми ресурсами, проявляют значительный интерес к перспективным регионам, проектам и маршрутам поставок, жестко отстаивают собственные позиции.

Для проведения взвешенной государственной политики необходима полная, точная и актуальная информация по всем направлениям функционирования НГК, а не значительный вариативный разброс исходных данных. Конкретизация и детализация в решении возникающих вопросов связаны, в частности, с осознанно публикуемой различными источниками недостоверной информацией. Она может относиться к подтвержденным запасам определенного проекта или месторождения, быть связана с извлечением дополнительной прибыли, получением иных преимуществ. Технологии четвертой промышленной революции и шестого технологического уклада направлены на производственное лидерство, импортоопережение и экологическую составляющую реализации нефтегазовых проектов. Это позволяет максимизировать экономический и инвестиционный потенциал, ориентироваться на собственный опыт и разработки.

Государственная нефтегазовая политика направлена на проведение дополнительных ГРР в континентальной части страны, в первую очередь в Сибири и на Дальнем Востоке, интенсификацию производств и развитие нефтегазохимии в различных регионах, сокращение транспортных и иных издержек. Структура внутреннего потребления углеводородов претерпевает определенные изменения в пользу экологически чистой и качественной продукции. В долгосрочной перспективе НГК продолжит определять социально-экономическое развитие государства при условии расширения направлений, объемов и ассортимента нефтегазового экспорта. Намеченные прогнозные показатели должны сопровождаться конкретными механизмами

их исполнения, исходить из объективной ситуации.

Экспорт углеводородов напрямую воздействует на структуру органов ГР НГК, влияет на национальную и энергетическую безопасность государства, ключевые макроэкономические показатели, в т.ч. на размер валютной выручки. Так, устраняются излишние или утратившие актуальность звенья, появляются новые функциональные инструменты, современные тренды развития. Анализ процессов, непосредственно или косвенно связанных с НГК, позволяет выявить значимые вопросы на этапе их становления, сопоставить достигнутые результаты с намеченными ориентирами, отслеживать эффективность нефтегазовых компаний с государственным участием за счет активной позиции государства в советах директоров и правлениях, осуществления проверок Счетной палатой РФ и независимыми аудиторами, привлечения ведущих консалтинговых компаний и др.

Спектр регулируемых вопросов затрагивает все сегменты и направления НГК, происходящие объективные экономические и технологические преобразования. Разделение предприятий по различным сегментам призвано повысить общую эффективность функционирования, оказать благоприятное воздействие на национальную экономику: обратным примером может служить реформа электроэнергетической отрасли. Обеспечение внутреннего энергетического спроса возможно за счет поэтапного завершения газификации регионов, подсоединения населенных пунктов к распределительным мощностям, расчета социально-экономических результатов и последствий принятых государственных решений. Оценка эффективности функционирования антимонопольных органов ГР складывается в т.ч. из объективных цен на поставляемую энергию и услуги. В нормативно-правовой базе отражаются технические нормы и регламенты, условия предоставления доступа к энергетической инфраструктуре, например в вопросах транзита через территорию России, участия зарубежных предприятий и иностранных государств в разработке российских нефтегазовых ресурсов. При этом они должны быть заинтересованы

в поставке передовых технологий и услуг, которые не оказываются на внутреннем рынке.

изношенности значимых объектов

На государственном уровне

отслеживается уровень

нефтегазовой инфраструктуры. Своевременное выявление возникающих вопросов на первоначальном этапе и принятие необходимых государственных мер по их исправлению содействуют улучшению ключевых показателей функционирования НГК. Большая часть данных мер требует привлечения масштабных капиталовложений с длительным сроком окупаемости, которые позволяют повсеместно развивать глубокую переработку и нефтегазохимию, достигать необходимой степени очистки добываемого сырья и соответствия ведущим экологическим стандартам производимой продукции. В силу того, что отсутствие прироста запасов МСБ приводит к постепенному истощению разрабатываемых залежей, внедрение новейших технологий позволяет осваивать те из них, которые ранее считались выработанными или нерентабельными. Соответственно, на равновесие внутреннего и внешнего спроса и предложения ТЭР направлены стимулирование проведения ГРР, строительство, технологическое обслуживание и модернизация объектов инфраструктуры, привлечение к реализации энергетических проектов новых российских и зарубежных партнеров, расширение потребителей производимой

Развитие внешнеэкономической формы ГР НГК предполагает увеличение экспорта по ценам, приближенным к среднемировым, расширение направлений и пропускных возможностей транзита углеводородов, соблюдение потребителями контрактных обязательств в вопросах полной и своевременной оплаты за поставляемые ТЭР и нефтегазовую продукцию, обеспечение надежности и безопасности транзита. Задействование транспортных, технологических и инфраструктурных возможностей сопредельных государств, которые также могут использовать отечественную инфраструктуру для транзита собственных энергетических ресурсов на

прагматичных для России условиях, позволяет повысить эффективность внешних поставок, сократить излишние финансовые затраты.

Страны-транзитеры и импортеры вполне способны самостоятельно финансировать строительство нефтегазопроводов и их ответвлений через собственную территорию, маршруты которых до конечных потребителей могут подлежать определенным изменениям. Это же характерно для ключевых точек маршрутов, перевалочных пунктов и непосредственно самих потребителей. Строительство может осуществляться за счет привлечения отечественных компаний и технологий. Проводимая государственная политика должна проявляться в заинтересованности потребителей российских углеводородов в долгосрочной стабильности заключаемых контрактов.

Нивелирование политических и административных препятствий со стороны транзитеров и импортеров углеводородов возможно в т.ч. за счет принятия жестких государственных решений, обеспечивающих наращивание накопленного промышленнопроизводственного потенциала, сохранение и укрепление достигнутых позиций. При этом в полной мере учитываются их экономические и энергетические возможности и перспективы развития, потребности, внутренний спрос на углеводородную продукцию, рассматриваются альтернативные сценарные варианты, связанные с изменениями структуры ТЭБ, внутренней и внешней конъюнктуры, применения различных форм и инструментов ГР НГК, направленных в т.ч. на строительство и технологическое обновление собственных производств и инфраструктуры. Основные маршруты внешних поставок находятся на постоянном технологическом контроле с позиции обеспечения надежности и безопасности.

Строительство экспортной инфраструктуры сопряжено с увеличением пропускных способностей нефтегазопроводов, появлением новых рынков сбыта, обеспечивающих значительный социально-экономический эффект, дополнительный приток валютной выручки, рост нефтегазовых доходов бюджета. Финансирование

и капиталовложения в сегмент транспортировки вполне могут осуществляться совместными усилиями поставщика, потребителей и политические санкции, для и сторонних инвесторов. Это позволяет разрешать возникающие по различным показателям функционирования вопросы на стадии их становления, своевременно реагировать на технологические неисправности, производить мониторинг состояния и обслуживание объектов инфраструктуры, учитывать их соответствие требованиям конкретного этапа экономического развития и поставленным задачам, предусматривать ключевые тренды в развитии мирового и национального НГК [8].

Добываемые углеводороды потребляются как на внутреннем рынке, так и экспортируются на прагматичных экономических условиях. При этом важно максимально задействовать инфраструктурный потенциал сопредельных государств, способствовать реализации местных энергетических проектов, осуществлять поставки по построенным без участия России маршрутам нефтегазопроводов, которые объединяют наиболее перспективные рынки сбыта с участием ряда стран, в полной мере заинтересованных в развитии национальной экономики, промышленности и энергетики, улучшении структуры ТЭБ. Это позволяет объединить экономические, политические, инфраструктурные, географические ресурсы, качественно укрепить торгово-экономические взаимоотношения с потребителями и транзитерами. Ряд конкурентных преимуществ других стран возможно ограничить принятием жестких государственных административных решений.

Увеличение объемов нефтегазового производства, переработки и транспортировки, проектирование альтернативных вариантов строительства нефтегазопроводов связано с наращиванием экспортных и расширением транзитных возможностей, участием во множестве нефтегазовых проектов на зарубежных рынках, активном задействовании российских технологий и кадрового потенциала, развитием местных промышленных производств, инфраструктуры и нивелированием определенных политических

рисков. К ряду государств ЕАЭС западные страны применяют значительные экономические преодоления которых необходимы выверенные регулирующие решения и жесткие меры противодействия. Их отсутствие в отдельных случаях привело к невозможности реализации перспективных или осуществлению неэффективных нефтегазовых проектов, что отразилось на энергетических показателях [1, 4].

Возникновение в глобальном НГК новой системы сдержек и противовесов основано, в первую очередь, на противоречиях во внешнеэкономической политике России, Китая и США [7]. Межгосударственные взаимодействия в энергетической сфере осуществляются как напрямую, так и посредством задействования различных институтов, вмешательства в принципы международного права. Наращивание энергетического потенциала и развитие нефтегазовой инфраструктуры затрагивают интересы множества зарубежных государств и иностранных компаний. Их следует с особой осторожностью допускать на опосредованно связанный с ними внутренний рынок сбыта ввиду стремления укрепления внешнего геостратегического влияния. Совершенствование ГР НГК исходит из превалирования национальных экономических приоритетов и получения стратегических преимуществ, ответственности исполнителей за разрешение вопросов административного и финансово-экономического характера.

Правовое урегулирование международных нефтегазовых проектов в вопросах прав собственности на месторождения, принадлежности нефтегазоносного района к территории конкретного государства может способствовать их промышленному освоению, разрешению военных, гражданских и политических конфликтов в обмен на возможность распоряжения нефтегазовыми ресурсами. Следует учитывать, что сопредельные государства вполне могут осуществлять ряд проектов без участия России, при этом пользоваться ее инфраструктурой и другими возможностями. Отсутствие согласованности межгосударственных действий

в нефтегазовой сфере может оказаться противоречием для национальных интересов и вопросов обеспечения энергетической безопасности.

Разделение действительной ситуации в национальном НГК и поставленных целевых ориентиров также содействует их комплексному осуществлению. Это характерно для экономических отношений с ключевыми рынками сбыта, в вопросах развития инфраструктуры, практической реализации наиболее перспективных проектов. Например, в рамках строительства «Северного потока» и «Южного потока» были разработаны альтернативные варианты маршрутов с целью устранения и преодоления политических противодействий. Нефтегазовые проекты имеют под собой технолого-экономическое обоснование и экологическое заключение

Аналогичное характерно при анализе экономик потребителей российских углеводородов, деталей международных долгосрочных контрактов. Это относится к вопросам объемов, сроков поставок и условий оплаты, продления существующих соглашений на условиях, выгодных и стабильных для производителя, предотвращения появления новых конкурентов. Рост экспортной выручки и интенсификация производств выступают важнейшими составляющими экономически устойчивого развития НГК. В отдельных случаях возможны бартерные расчеты, способствующие появлению дополнительных преимуществ, например освоению местной углеводородной базы, развитию промышленности и инфраструктуры экспортеров, укреплению социально-экономического положения регионов. Разработка зарубежных месторождений должна сопровождаться экспортом российского нефтегазового оборудования, привлечением отечественных специалистов для постоянной работы на зарубежных объектах НГК.

Ключевые решения по экспортным поставкам в первую очередь принимаются на уровне органов государственной власти, а не только самими нефтегазовыми компаниями. Это затрагивает вопросы жесткого отстаивания национальных приоритетов, предоставления потребителям

ГОСРЕГУЛИРОВАНИЕ

условий, по которым невозможно или экономически нецелесообразно импортировать углеводороды из других источников, применять методы экономического шантажа и иных средств влияния на принятие ключевых нефтегазовых решений. Взвешенные соглашения и обоснованные контракты предполагают расчет преимуществ, экологических рисков от их реализации, отсутствие неисполнимых условий, например в части сроков и объемов экспорта, которые могут использоваться в качестве инструмента воздействия на принятие зарубежных политических решений, развитие местных экономик, инфраструктуры и региональных направлений НГК. Это позволяет извлекать дополнительные преимущества, привлекать ведущих экспертов, аналитические и консалтинговые компании для решения существующих вопросов, выделения ключевых точек прорывного экономического роста, разработки перспектив и направлений отраслевого развития [5, 11].

Выводы и рекомендации

Результирующие государственные решения о необходимости запуска и реализации энергетических проектов должны сопровождаться не только экономико-математическими расчетами, но и строго выверенной методологией. Пресечение попыток иностранного вмешательства во внутренние вопросы функционирования национального НГК, использования инструментов экономического и политического давления возможно за счет детального анализа поступающей информации. Отдельные сведения со стороны зарубежных партнеров в вопросах состояния, перспектив развития и освоения ресурсной базы также могут быть заведомо ложными, преследовать собственные интересы, например, быть направлены на получение контрактов от конкурентов или улучшение социальноэкономического положения районов добычи. Расширение экономических взаимоотношений на многосторонней основе между субъектами нефтегазовой деятельности включает поставки новейших технологий, оборудования, предоставление сервисных услуг.

Зарубежные производители и потребители принимают

непосредственное участие в организации работы различных международных институтов в рамках энергетического направления или определенного сегмента НГК, например повышения качества переработки или безопасности транспортировки углеводородов, вследствие чего имеют некоторые обязательства и преимущества. Большинство подобных организаций заинтересованы в реализации определенных энергетических и инвестиционных проектов, активно продвигают их интересы, а государства-**УЧАСТНИКИ** – В КОМПЛЕКСНОМ развитии и качественном улучшении функционирования нефтегазовой отрасли, повышении надежности и бесперебойности поставок; все это выступает составной частью глобальной энергетической безопасности.

Проведение экономических форумов и конференций связано в т.ч. с необходимостью решения энергетических вопросов. задействованием возможностей глобальных институтов и использованием международных механизмов поддержки. В отдельные периоды возможен резкий поворот национальной нефтегазовой стратегии: например, это произошло весной 2014 г. в части переориентирования поставок природного газа с Европы на азиатское направление и началом строительства трубопровода «Сила Сибири». Подобные процессы могут нести как значительные экономические преимущества, так и риски, связанные с разрывом прошлых взаимодействий, выведением из штатной численности рабочих мест, изменением вектора развития производств и глубокой трансформацией, затрагивающих множество сегментов нефтегазового

Заинтересованность зарубежных государств в расширении экономических отношений с Россией проявляется в вопросах развития национальных НГК, приобретении отечественных технологий и услуг. Привлечение отечественных специалистов к реализации энергетических проектов в зарубежных странах служит значимым направлением совершенствования отечественной промышленности, а развитие общей энергетической инфраструктуры позволяет существенно сократить непроизводственные издержки,

способствует открытию новых направлений поставок и рынков сбыта нефтегазовой продукции, предоставляет возможность совершения технологического прорыва в относительно короткие сроки [12]. ●

Литература

- 1. Бушуев В.В. Евразийская энергетическая цивилизация. К вопросу об «энергии будущего» / В.В. Бушуев [и др.]. – М.: Энергия, 2017. – 208 с.
- 2. Бушуев В.В. Политические решения и опасное ускорение волатильности мирового энергоэкономического развития / В.В. Бушуев, Ю.К. Шафраник // Энергетическая политика. - 2024. - $N_{\odot} 5. - C. 8 - 23.$
- 3. Винокуров М.А. Роль государства в корректировке модели экономического роста России / М.А. Винокуров. – СПб.: Питер, 2014. – 192 с.
- 4. Глазьев С.Ю. О стратегических направлениях развития ЕАЭС / С.Ю. Глазьев // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. – 2020. – № 1. – C. 11–30.
- 5. Жизнин С.З. Энергетическая дипломатия России: экономика политика практика / С.З. Жизнин -М.: Ист Брук, 2005. – 638 с.
- 6. Калюжный В.И. Глобальный ресурсный баланс / В.И. Калюжный. М.Н. Хохлова // Энергетическая попитика - 2018 - № 2 - С 23-30
- 7. Киссинджер Г. Мировой порядок / Г. Киссинджер. M.: ACT. 2018. - 512 c.
- 8. Макаров А.А. Стратегические перспективы развития энергетического комплекса России / А.А. Макаров, Т.А. Митрова // Проблемы прогнозирования. – 2018.
- 9. Мастепанов А.М. Проблемы обеспечения энергетической безопасности в новых геополитических условиях / А.М. Мастепанов // Энергетическая политика. - 2017. - № 1. - С. 20-37.
- 10. Скоробогатов В.А. Новая парадигма развития энергетического комплекса России в первой половине XXI века / В.А. Скоробогатов // Neftegaz.ru. - 2019. - № 5. - C. 80-89.
- 11. Сопилко Н.Ю. Энергетическое сотрудничество в контексте экономической интеграции государств EAЭС: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.14 / H.Ю. Сопилко – М. 2020 – 301 с.
- 12. Трофимов С. Е. Совершенствование государственного регулирования нефтегазового комплекса России: проблемы теории и методологии / С.Е. Трофимов. – М.: ИНФРА-М.
- 13. Уэст Дж. Масштаб: Универсальные законы роста, инноваций, устойчивости и темпов жизни организмов. городов. экономических систем и компаний / Дж. Уэст. – М.: Азбука Бизнес, Азбука-Аттикус, 2018. - 512 с.
- 14. Филимонова И.В. Основные направления инновационного развития и молернизации нефтегазового комплекса России / И.В. Филимонова, Л.В. Эдер // Экологический вестник России. – 2014. – № 6. – С. 4–10.
- 15. Шафраник Ю.К. Глобальные энергетические изменения и Россия. Новая карта мирового энергетического пространства / Ю.К. Шафраник Энергетическая политика. - 2016. - № 3. - С. 3-12.
- 16. Эволюция мировых энергетических рынков и ее последствия для России / под ред. А.А. Макарова. Л.М. Григорьева. Т.А. Митровой. – М.: ИНЭИ РАН. АЦ при Правительстве РФ. - 2015. - 400 с.
- 17. Энергетика Евразии: новые тенденции и перспективы / отв. ред. С.В. Жуков. – М.: ИМЭМО PAH 2016 - 186 c
- 18. BP Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition // BP Global. - 72 p.

KEYWORDS: state regulation, oil and gas complex, industry, hydrocarbon resources, Eurasian Economic Union, economic integration, national security, energy sustainability.



КОКСОХИММОНТАЖ







Семейные Мальдивы c Sheraton Maldives Full Moon Resort & Spa









Kypopt Sheraton Maldives Full Moon Resort & Spa меняет представление о семейном отдыхе.

На атолле Северный Мале, омываемом водами Индийского океана, расположился спа-отель Sheraton Maldives Full Moon Resort & Spa, который приготовил для своих гостей увлекательное путешествие в мир релакса и активного отдыха, комфорта и дикой природы, гастрономических изысков и здорового питания.



Гости, приезжающие с детьми, смогут по достоинству оценить специально подготовленные программы и развлечения, которые не оставят равнодушными ни взрослых, ни самых маленьких членов семьи и надолго оставят бесценные воспоминания о времени, проведенном вместе.

Участвуя в эксклюзивной программе курорта «Бок о бок», вы сможете овладеть мастерством изготовления косметических масок для мамы и дочки, получите полезные кулинарные уроки и научитесь традиционному мальдивскому плетению из пальм.



Ничто так не укрепляет семейные отношения и не дарит столько впечатлений, как весело проведенное время. Для незабываемого совместного времяпровождения гостям предлагают увлекательные игры, от которых приходят в восторг и взрослые и дети.

Острова Мальдив невозможно представить без прекрасных рифов. Одна из программ, разработанная и проходящая под руководством морского биолога – экологическая инициатива по размножению кораллов «Усынови коралл». Этот проект запущен совместно с проектом Good Travel with Marriott Bonvoy бонусной программы отелей Marriott. Взрослые и дети смогут принять участие в возрождении рифов, которые являются домом для множе-

ства морских обитателей, а заодно весело провести время и узнать об экосистеме Индийского океана, а заодно полюбоваться подводным миром. Кроме того, можно всей семьей отправиться в увлекательное подводное плавание с гидом или на прогулку по Индийскому океану на борту традиционной мальдивской лодки Dhoni в сопровождении дельфинов. А пикник посреди лагуны на плавающей платформе оставит незабываемые воспоминания и неповторимые фото, которыми непременно захочется поделиться с друзьями.

После активного отдыха необходимо подкрепиться. Семь ресторанов и баров предложат изысканные блюда разных кухонь мира — от пряной индийской до экзотической тайской. Шеф-повара трепетно относятся к каждому ингредиенту и предлагают гостям своих ресторанов самые свежие овощи и фрукты, выращенные на острове в так называемом «саду шеф-повара».



Если вы выбрали отдых в стиле «Family Fun Summer» в Sheraton Maldives Full Moon Resort & Spa, вам предложат ежедневные завтраки в ресторане Feast или меню à la carte в ресторанах на любой выбор. Дети от 4 до 12 лет живут и питаются бесплатно, к тому же они получают специальные подарки при заезде и бесплатный доступ в семейный детский клуб. Пока дети увлечены играми в клубе у взрослых появляется возможность уделить время себе и посетить спа, массаж, процедуры по уходу за телом и лицом, пройти оздоровительные и косметические процедуры.



Какой бы отдых вы не выбрали – всей семьей, компанией друзей или в одиночку, в вашем распоряжении просторные надводные виллы, бунгало с видом на пышные сады, пляжи с белоснежным песком и сверкающую на солнце голубую воду Индийского океана.

114

O ЧЕМ ПИСАЛ **Neftegaz.RU** 10 ЛЕТ НАЗАД...

Портфель российских заказов Halliburton уменьшится из-за санкций против нефтяных компаний РФ не более чем на 1%

В августе 2014 года Halliburton была вынуждена прекратить работу с рядом своих заказчиков, но их доля в общем объеме мизерна. Ранее Halliburton прекратила сотрудничество с Газпром бурение из-за санкций, введенных ЕС.



• Kommenmapuŭ Neftegaz. RU

В марте 2022 года Halliburton объявила о постепенном уходе с российского рынка, приостановив поставки некоторых запчастей и наименований своей продукции. В мае компания сообщила что свернет некоторые контракты в России, а в сентябре продала российские активы местному менеджменту. Ранее Halliburton оценивала свои российские активы примерно в 340 млн долл. В России корпорация сотрудничала в том числе с такими компаниями, как «Газпром нефть», ЛУКОЙЛ и «Роснефть».

Финляндия может пересмотреть проект Росатома по строительству в стране АЭС

В августе 2014 года министр охраны окружающей среды Финляндии В. Нийнистё заявил, что стране из-за введенных ЕС санкций в отношении



России не следует усугублять зависимость от российской энергии, поэтому проект «Росатома» по строительству АЭС «Ханхикиви-1» может быть пересмотрен. Правительство России намерено выделить «Росатому» на этот проект 100 млрд рублей.

В сентябре 2014 года правительство

•Комментарий Neftegaz.RU

Финляндии одобрило проект строительства АЭС при участии России, предусматривающий использование российского реактора ВВЭР-1200. В 2015 году была подана заявка на строительство АЭС «Ханхикиви-1» в правительство Финляндии, но процесс тормозился затянувшейся процедурой получения разрешения финского регулятора. В мае 2022 Fennovoima расторгла контракт с «Росатомом» и строительство было остановлено. «Росатом» подал иск на 3 млрд долл. с намерением отсудить затраты на проект АЭС, Fennovoima подала ответный иск против «Росатома» относительно несостоявшегося проекта на 2 млрд евро.



В декабре 2022 Международный совет по разрешению споров признал неправомерным расторжение контракта.

Минэнерго совместно с нефтегазовыми компаниями планирует выработать меры по укреплению позиций отечественного ТЭК

В августе 2014 года Минэнерго совместно с нефтегазовыми компаниями начало проводить оценку возможных рисков для отрасли в связи с введением санкций против России. В ближайшее время будут выработаны меры по укреплению позиций отечественного ТЭК, в том числе в вопросах импортозамещения оборудования, попавшего в санкционный список.

• Комментарий Neftegaz.RU

К 2019 году по итогам реализации плана по импортозамещению в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслях промышленности доля отечественных катализаторов нефтепереработки составила 66% по сравнению с 31,8% в 2014 году, катализаторов нефтехимии - 72,7% против 34,2%, крупнотоннажных полимеров -93,5% против 83,2% в общем объеме их потребления. В марте 2023 года на недружественные страны приходилось более половины рынков оборудования и технологий гидроразрыва пласта и систем телеметрии для определения траектории скважин в России, по роторным управляемым системам зависимость от импорта была стопроцентной. Сегодня эксперты оценивают уровень импортозависимости в ТЭК по оборудованию и комплектующим от 5 до 100 %. В то же время доля российского оборудования в нефтегазовом секторе выросла с 20 до 60 %.

БАСНОСЛОВНАЯ СУММА ДОХОДА: РОССИЯ УСПЕШНО АДАПТИРОВАЛАСЬ К САНКЦИЯМ

Bloomberg

Российские магнаты получили миллиарды долларов дивидендов, поскольку их компании возобновили или увеличили выплаты. США ввели масштабные санкции, в результате чего многие компании приостановили выплату дивидендов на фоне неопределенности и опасений экономического коллапса. Однако эти страхи не оправдались: российская экономика постепенно адаптировалась к новым условиям, а экспортеры нашли альтернативные рынки.



Многие государственные корпорации не прекращали выплату дивидендов, поскольку во время спецоперации получили рекордные прибыли, экспортеры сырья возобновили выплату дивидендов после реорганизации бизнеса и переориентации на рынки Глобального Юга. Однако российская экономика может столкнуться с серьезными проблемами во второй половине года и в 2025 году, в результате чего правительство может поднять налоги.

Еще одна проблема, стоящая перед российскими магнатами, заключается в том, куда инвестировать дивиденды: санкции вынудили многих обратиться к внутреннему рынку. Инвестиции в российскую промышленность подскочили на 14,5 % в годовом исчислении. Однако внутренние возможности ограничены. Но эксперты считают, что для большинства разумным решением будет занять выжидательную позицию.



G7: ЭТА УГРОЗА СО СТОРОНЫ САУДОВСКОЙ АРАВИИ ВЫГОДНА РОССИИ

La Nouvelle Tribune

С февраля 2022 года напряженность в отношениях между Москвой и западными странами продолжает нарастать. Саудовская Аравия выглядит посредником, который стремится сохранить хрупкое равновесие. Страна оказывает незаметное, но значительное давление на страны «Большой семерки». Чиновники министерства финансов Саудовской Аравии подняли вопрос о возможности продажи части своих долговых активов в Европе, если западные союзники арестуют замороженные российские активы. Потенциальный эффект от такой акции был бы значительным: массовая распродажа европейских долговых активов могла бы повлиять на финансовые рынки и потенциально затронуть курс евро. Саудовская Аравия как будто владеет важнейшей частицей глобального экономического пазла, способной изменить его конфигурацию. Вопрос о мотивах Эр-Рияда остается открытым: это стратегическая позиция по отношению к Москве или стремление не допустить прецедент ареста иностранных активов? В итоге лидеры G7 выбрали взвешенный подход, предложив Украине кредит в размере 50 млн долларов, обеспеченный процентами от замороженных российских активов. Это решение отражает поиск равновесия между дипломатическими и экономическими соображениями.

три крупных хода против доллара

SABAH

Санкции в отношении стран БРИКС ускорили войну против доллара. Страны БРИКС реализуют трехэтапный ход. Так, будет создана единая валюта на основе золота, разработана единая платежная система с внедрением новых технологий, широкое распространение получат цифровые валюты центральных банков. Первый из шагов – создание единой валюты – позволит перейти к новой финансовой системе. По мере расширения блока за счет присоединения еще пяти стран - Египта, Эфиопии, Ирана, Саудовской Аравии, ОАЭ увеличился размер экономики объединения.



Экономические масштабы БРИКС достигли 30% мирового ВВП. Участники обладают высоким уровнем суммарного золотого запаса, составляющего 6,3 тыс. тонн. Кроме того, предполагается использовать новую платежную систему на основе блокчейна — BRICS Pay.







Бактерии фосфор защитят от хрома

В России ежегодно образуется более 4 тонн выбросов, содержащих хром VI. Для снижения негативного воздействия, в частности, используют культуры микроорганизмов. Ученые Пермского Политеха из почвы, отобранной рядом с гальваническим предприятием, получили культуры бактерий, способные расти при наличии в питательной среде ионов хрома VI. В ходе эксперимента они выяснили, что на процесс восстановления влияют концентрации ионов хрома VI, источники углеродного питания и температура. Наивысшая степень восстановления (96%) вне зависимости от температуры достигается при концентрации ионов хрома VI 30 мг/дм³. При 50 мг/дм³ и температуре 32°C степень окисления снижается до 85%. Дальнейшее повышение температуры и концентрации вещества ослабляет действие микроорганизмов. Биохимический процесс происходит в биореакторе, где выделенная культура бактерий Red. Cr восстанавливает ионы

хрома VI с последующим

гидроксида хрома III.

образованием осадка в виде

Высокочистый

по импортозамещающей технологии

Специалисты двух дивизионов «Росатома», РХТУ им. Менделеева и ННГУ им. Лобачевского разработали технологическую цепочку очистки фосфора и синтеза его соединений. Разработка призвана восполнить дефицит высокочистых элементов, используемых в процессах производства специальных материалов для нужд аэрокосмической и компьютерной промышленности. Высокочистый фосфор используется для допирования, которое нужно для улучшения электрических характеристик полупроводникового материала. Технология позволит получать широкую номенклатуру неорганических и органических соединений. После завершения научно-исследовательских работ специалисты подготовят исходные данные для проектирования опытнопромышленной линии, на которой можно будет отработать внедрение технологии в производственный процесс.

Точная оценка грунта

Почвы и грунты имеют сложное строение ввиду изменчивости их морфологии и химического состава, но классические методы не позволяют проводить точный анализ неоднородных грунтов. Ученые Пермского Политеха разработали подход, на основе существующих моделей, учитывающий все особенности неоднородного грунта, они ввели новое уравнение, рассчитывающее основные параметры процесса адсорбции – объем микропор, энергию и связь объема газа в порах с давлением. Для эксперимента брали образцы из двух пробуренных скважин. Их просушивали и просеивали через сита с разными размерами ячеек. Измерение проводили при низких значениях давления от 0 до 0,005, так как это облегчает расчет параметров. В качестве контрольного образца использовали непористый кремнезем, и с ним сравнивали все полученные данные. В результате получили зависимость, которая позволяет с высокой точностью определить набор морфологических характеристик, относящихся к удельной площади поверхности и структуре пор разных размеров. Было установлено, что морфологические характеристики грунта в значительной степени зависят от общего содержания глины.

Многоячейковый источник питания

В НИУ «МЭИ» разработали высоковольтный многоячейковый источник питания с высокой точностью стабилизации выходного напряжения, представляющий набор соединенных однотипных ячеек, работающих на одну нагрузку. Каждая ячейка независимо измеряет и стабилизирует напряжение на своем выходе с высокой точностью. Такой подход позволяет легко разрабатывать источник с заданным напряжением, изменяя лишь количество ячеек. Характерной проблемой при разработке высоковольтных источников для промышленного оборудования является необходимость обеспечения изоляции между входными и выходными частями устройства, что усложняет конструкцию источника питания – преобразователя электроэнергии. Специалисты из НИУ «МЭИ» предлагают использовать токовую петлю для передачи энергии от входной к выходным частям. Петля является первичной обмоткой для трансформаторов тока и представляет отрезок кабеля с высоковольтной изоляцией. Через первичную обмотку проходит входной электрический ток, именно она играет ключевую роль в процессе трансформации электрической энергии.

Прозрачный OLED-дисплей от корейских ученых

Технология прозрачных OLEDдисплеев сильно продвинулась со времен первых прототипов более десяти лет назад. Однако стоимость таких экранов остается высокой. Корейские исследователи разработали 100-дюймовый NTS-дисплей, пригодный для массового производства, при этом его цена в десять раз ниже аналогов. Дисплей разработали ученые из Центра исследований нанолитографии и производства Корейского института машиностроения и материалов. Технология под названием Nano Transparent Screen (нанопрозрачный экран) заключается в равномерном распределении наночастиц диоксида титана диаметром 100 нанометров по всей пленке. Проектор высокого разрешения проецирует на пленке широкоформатные изображения с углом обзора 170 градусов, видимые с обеих сторон экрана. Для улучшения четкости изображения в ярко освещенных помещениях может быть добавлена полимерная пленка с жидкими кристаллами. Эта пленка регулирует непрозрачность заднего плана благодаря слою полимерных дисперсных жидких кристаллов.

Гибкая электроника от китайских ученых

Ученые из Университета Сучжоу в Китае разработали новый метод создания гибкой электроники на основе жидкого металла, пропускающей воздух и совместимой с кожей человека. Новая методика сочетает электростатическое прядение и давление, устраняя технический разрыв между воздухопроницаемостью, точностью и технологичностью растяжимых электронных устройств. С помощью нового метода ученые смогли быстро создавать дышащие и растягивающиеся электронные схемы. Эти схемы обладают высоким разрешением и прочностью, выдерживая более 30 000 циклов растяжения на 100%. Созданные таким образом электронные схемы можно интегрировать в различные носимые устройства, включая датчики электронных сигналов организма, светящиеся элементы и модули беспроводной зарядки.

[8] Neftegaz.RU ~ 119 118 ~ Neftegaz.RU [8]



КОМПЛЕКТ ПОДЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ 168/114X21

Оборудование и инструмент в НГК

1.1. Оборудование для добычи нефти

1.1.1. Буровое оборудование и инструмент

КПО представляет собой полный комплект подземного оборудования для обустройства лифтовой колонны газовых и газоконденсатных месторождений, для эксплуатационной колонны диаметром 168 мм, лифтовой колонны диаметром 114 мм и листовым давлением 21 МПа, включая инструмент.

КПО включает необходимый объем принадлежностей (переводники, центраторы, захваты, фитинги, управляющие трубопроводы) и следующие основные агрегаты:

- гидроуправляемый клапанотсекатель – СКОЗ;
- ингибиторный клапан КПЗ;
- телескопическое соединение CT3;
- циркуляционный клапан КЦЗ;
- пакер гидравлический ПДГЗ;
- надпакерный клапан дублирующий – РКЗ;
- клапан дублирующий после пакера – ПДГЗ, ПДГЗ.940.

Для работы на скважине совместно с КПО поставляются следующие инструменты:

- ясс механический ЯМЗ;
- ясс гидравлический ЯГДЗ;
- толкатель ТЗ;
- устройство закрепления проволоки – УЗП;



Поз.	Наименование	Длина L, мм	Наружный диаметр D, мм
1	Ясс механический ЯМ2	1410	47,6
2	Ясс гидравлический ЯГА1	775	48
3	Штанга грузовая ШТГ	1000	64
4	Толкатель ТЗ	1033	72,3
5	Ловитель ЛТ1	402	57
6	Устройство закрепления проволоки УЗП	155	48

- ловитель ЛТ1;
- набор грузовых штанг ШТГ.

Каждый элемент КПО проходит испытания на заводе-изготовителе в более жестких условиях, чем условия

его эксплуатации. Материалы, используемые для изготовления КПО, имеют заключение ООО «Газпром ВНИИгаз» о его соответствии условиям работы на протяжении всего срока эксплуатации (более 20 лет).

ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОР

1. Оборудование и инструмент в НГК

1.6. Общее и сопутствующее оборудование для нефтегазового комплекса

1.6.9. Генераторы



Дизель-генератор GMM9M с оригинальным дизельным двигателем Mitsubishi S3L2 SD (Япония)

Номинальная мощность

10 кВА (8 кВт) 50 Гц, 220 В, однофазная электростанция

Резервная мощность 11 kBA (8.8 kBt)

GM использует преимущественно электрогенераторы Leroy Somer (Франция) с функцией AREP в стандарте, что выгодно отличает его от других производителей, использующих генераторы Marelli (Италия), Marathon (Китай), Stamford (Великобритания или Китай) и зачастую с обычной функцией SHUNT.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ			
Мощность электростанции (основная)	10 кВА (8 кВт)		
Мощность электростанции (резервная)	11 кВА (8.8 кВт)		
Дизельный двигатель жидкостное охлаждение	Mitsubishi S3L2 SD 1500 об/мин		
Генератор переменного тока	Mecc Alte ECO 3-3LN/4		
Тип запуска электростанции	электростартер		
Расход топлива	2.1 л/час (при нагрузке 70%)		
Емкость бака электростанции открытое исполнение	52 л		
Емкость бака электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	52 л		
Вес электростанции открытое исполнение	435 кг		
Вес электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	550 кг		
Габариты электростанции открытое исполнение	116×73×100 cm		
Габариты электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	175×77×107 cm		
Уровень шума электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	65 дБ		

122 ~ Neftegaz.RU [8] [8] Neftegaz.RU ~ 123





АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ

1. Оборудование и инструмент в НГК

РАБОТ

4.3 Контрольно-измерительные приборы и аппаратура

1.5.2.8 Геофизическая аппаратура

Аппаратурно-программный комплекс для выполнения электроразведочных работ методом сопротивлений, естественного поля, вызванной поляризации, диагностики трубопроводов, исследований электрохимзащиты и т.п. Это аппаратно-программный комплекс, позволяющий проводить электроразведку несколькими методами.

Особенности:

- Связь между генератором и измерителем по радиоканалу (запуск на начало и окончение генерации, установка настроек генератора частоты и тока)
- Малый вес комплекта около 1,1 кг
- Длительный срок автономной работы (до 5-7 дней)
- Пыле-влаго-ударозащищенность по классу IP-65
- Подогрев экрана (для работы при низких температурах)
- Пересчет dU в Rк
- Сохранение результатов в памяти прибора, с возможностью дальнейшей перекачки на ПК через USB-интерфейс в формате ПО «ЗОНД»
- Учет методики полевых работ смотки размотки, нумерации пикетов, размеров приемной и токовой линий, и др.
- Построение графиков зондирования на экране измерителя, как в ходе измерений, так и для архивных данных.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Генератор:		
Выходное напряжение	до 200 В	
Диапазон выходного тока	0.5-100 мА	
Диапазон частот	0-2500 Гц	
Запуск на генерацию ручной или по радиоканалу от измерителя Погрешность стабилизации	1%	
Степень защиты	IP65	
Диапазон рабочих температур	от -30 до +50°C	
Габариты	160 * 80 * 55 мм	
Macca	0.6 кг	
Измеритель:		
Диапазон частот	0-2500 Гц	
Диапазон измерений	-5 - +5 B	
Разрядность	АЦП 24 бит	
Объем памяти	2 Mó	
Интерфейс связи с ПК	USB	
Синхронизация с генератором	Радиоканал 433 МГц	
Степень защиты	IP65	
Диапазон рабочих температур	от -30 до +50°C	
Габариты	180 * 130 * 35 мм	
Macca	0.55 кг	

МОЕЧНО-СУШИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

1. Оборудование и инструмент в НГК

1.3 Технологическое оборудование

1.3.1.14 Прочее технологическое оборудование



Комплекс предназначен для отмывки и сушки полимерного сырья со средними типами загрязнений: земля, грязь, песок, и т.д. Дополнительно можно добавлять, в бак оборотной воды, реагенты и моющие средства для очистки сырья от жира, масла, удаления запаха и т.п. Так же в комплекс встроен агрегат мини-флотации, для удаления металлических и т.п. инородных предметов.

Состав:

- Агрегат сухой очистки;
- Агрегат основной отмывки с баком оборотной воды;
- Агрегат сушки;
- Выгрузной циклон;
- Пульт управления

Принцип действия

Исходный дробленый материал принудительно всасывается из измельчителя агрегатом сухой очистки через трубу подачи, где проходя по перфорированному сепаратору агрегата, осуществляется предварительная сухая очистка материала от загрязнений, при этом загрязнения отводятся в фильтр (биг-бэг). Затем материал принудительно подается в агрегат отмывки, где происходит его интенсивная отмывка, Далее активатором, через трубопровод, материал с водой подается в перфорированное колесо, где происходит обезвоживание материала,

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ			
Перерабатываемый материал	Полипропилен (ПП), полиэтилен ВД, НД, полистирол, ПЭТФ, АБС, ПВХ и другие		
Размер материала, мм	1040		
Производительность (в зависимости от материала) кг/час: ПП, биг-бэги Пленочные отходы ПЭНД, ПЭВД (не пленочные отходы), ПЭТФ, АБС, ПВХ и т.д.	до 1000 до 300 до 500 до 1000		
Общая мощность электрооборудования: номинальная, кВт фактическая, кВт	61 31		
Электроснабжение сеть 3-х фаз. эл. тока напряжение	380/220		
Частота, Гц	50		
Потребление воды, л/сутки	от 2000		
Габаритные размеры: длина, мм ширина, мм высота, мм	6300 1700 2900		
Масса не более, кг	2000		
Количество обслуживающего персонала	1		

после чего, принудительно через выходную трубу, отмытый материал поступает в агрегат сушки. Проходя по турбулентногравитационным сепараторам, происходит его интенсивное

высушивание, после чего чистый сухой материал подается через выгрузной циклон в биг-бэг или в бункер — накопитель гранулятора, агломератор. •

ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР

1. Оборудование и инструмент в НГК

1.6. Общее и сопутствующее оборудование для нефтегазового комплекса

1.6.9. Генераторы



Дизель-генератор с оригинальным дизельным двигателем

Номинальная мощность 11 кВА (11 кВт) 50 Гц, 220 В, однофазная электростанция

Резервная мощность 12.1 кВА (12.1 кВт)

Оборудование SDMO успешно используется для основного и резервного электропитания наиболее ответственных потребителей на всей территории России от Курильских островов до Республики Карелия.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Мощность электростанции (основная)	11 кВА (11 кВт)	
Мощность электростанции (резервная)	12.1 кВА (12.1 кВт)	
Дизельный двигатель жидкостное охлаждение	Mitsubishi S4L2 SD 1500 об/мин	
Генератор переменного тока	Mecc Alte ECP 28-1L/4	
Тип запуска электростанции	электростартер	
Расход топлива	3.2 л/час (при нагрузке 70%)	
Емкость бака электростанции открытое исполнение	50 л	
Емкость бака электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	50 л	
Вес электростанции открытое исполнение	452 кг	
Вес электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	600 кг	
Габариты электростанции открытое исполнение	141 x 72 x 105 см	
Габариты электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	175×72×123 cm	
Уровень шума электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	60.7 дБ	

Мощность в кВт указана при cos φ = 1

ДИЗЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР

1. Оборудование и инструмент в НГК

1.6. Общее и сопутствующее оборудование для нефтегазового комплекса

1.6.9. Генераторы



Дизель-генератор с оригинальным дизельным двигателем

Номинальная мощность 125 кВА (100 кВт) 50 Гц, 230/400 В, трёхфазная электростанция

Резервная мощность 137 кВА (110 кВт)

Высокая надежность — за счет исключительно европейской сборки, технологически отлаженного и современного производства на трех ведущих мировых заводах Европы: во Франции, Италии и Великобритании, а также за счет использования дизельных двигателей ведущих мировых производителей (Cummins, MTU, Mitsubishi, John Deere, Volvo Penta)

GM использует преимущественно электрогенераторы Leroy Somer (Франция) с функцией AREP в стандарте, что выгодно отличает его от других производителей, использующих генераторы Marelli (Италия), Marathon (Китай), Stamford (Великобритания или Китай) и зачастую с обычной функцией SHUNT. ●

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Мощность электростанции (основная)	125 кВА (100 кВт)	
Мощность электростанции (резервная)	137 кВА (110 кВт)	
Дизельный двигатель жидкостное охлаждение	John Deere 6068TF258 1500 об/мин	
Генератор переменного тока (варианты поставки)	1. Leroy Somer LSA 44.2 S7 2. Mecc Alte ECP 34-1L/4	
Тип запуска электростанции	электростартер	
Расход топлива	19 л/час (при нагрузке 70%)	
Емкость бака электростанции открытое исполнение	88 л	
Емкость бака электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	139 л	
Вес электростанции открытое исполнение	1370 кг	
Вес электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	1800 кг	
Габариты электростанции открытое исполнение	210х77х143 см	
Габариты электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	285 x120 x151 см	
Уровень шума электростанции в шумозащитном всепогодном кожухе	70 дБ	

Мощность в кВт указана при cos φ = 0,8

ЦИТАТЫ



А. Новак

Россия играет стабилизирующую роль в преодолении мирового энергетического кризиса



А. Шалаев

Менее чем за год из программы стандартизации в сфере СПГ реализованы 58 стандартов



Й. Папанастасиу

Использование природного газа является одним из столпов, поддерживающих снижение цен на электроэнергию



И. Сечин

У России есть все возможности нарастить поставки газа



М. Павлусик

Поставки российской нефти в Словакию не прекращались



Т. Скилакакис

Наши мощности по приему СПГ более чем достаточны



Й. Сикела

Создается стимул для некоторых государств-членов максимизировать импорт природного газа с востока



И. Алиев

Стратегическое партнерство с ЕС в энергетической сфере предусматривает удвоение поставок газа в Европу к концу 2027 года, и мы движемся к этой цели



П. Сийярто

Ведется работа над юридическим решением для возобновления поставок нефти и газа из России через Белоруссию и Украину в Венгрию





Переключающий клапан серии HTKH-B

Размеры: 1"~18" Диапазон давления: 150~1500 фунтов Диапазон температур: -196° C~+538° С

Клапан сброса давления при гидроударе серии HTSJ (сертифицирован Saudi Aramco)

Диапазон давления: 150~900 фунтов

Диапазон температур: -40° C~+320° С



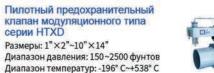
Пружинный предохранительный клапан с прямой нагрузкой серии HTO/B HTDO/B Размеры: 1"D2"~20"ВВ24"

Диапазон давления: 150~2500 фунтов Диапазон температур: -196° C~+816° С



действия серии HTLB Размеры: 1/2"~48" Диапазон давления: 150 ~ 2500 фунтов

Диапазон температур: -196° C~+650° С





Устройство сброса давления игольчатого разрушительного типа серии HTBP (сертифицировано Saudi Aramco) Размеры: 1"~78"

Диапазон давления: 150~900 фунтов Диапазон температур: -196° C~+538° С



Размеры: 2"~16"

BAPTEEC LTD **Beijing Aerospace Petrochemical Technology** and Equipment Engineering Corporation Limited

Адрес: Китай, г. Пекин, район Дасин, Пекинская зона

e-mail: chenxy3@calt11.cn Тел.: +86-13811709811 +86-10 87094555

VITZRO CEL

с 1987 года

Скважинные телеметрические системы (MWD/LWD) и технологии инспектирования трубопроводов (PIG) широко используются в нефтегазовой отрасли для повышения эффективности работы предприятий



БЕЗОПАСНОСТЬ:

- повышенная ударопрочность и вибрационное сопротивление
- компактность и надежность
- соблюдение необходимых мер безопасности при производстве батарей



ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ:

- проведение испытаний
- проведение полевых работ и подготовка отчетов
- инженерная поддержка



ПРЕИМУШЕСТВА:

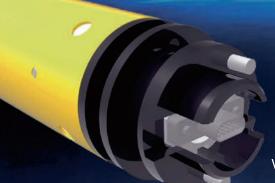
- надежный испытательный центр
- вертикально интегрированные производственные процессы
- наличие сертификатов взрывозащиты ATEX/ISO9001/14001/ RoHS/UL/Trans. Certi



МОДЕЛЬНЫЙ РЯД:

- 10 моделей для MWD и LWD
- 3 модели для PIG & subsea
- индивидуальные модели батарей MWD/LWD/PIG





Vitzrocell имеет более 230 стратегических партнеров

Vitzrocell широко известна в более чем 50 странах и продолжает расширять географию своего присутствия на рынке элементов питания

миллиарда

На данный момент Vitzrocell произвела и поставила более 3 миллиардов батарей своим клиентам во всем мире

Vitzrocell является одним из самых надежных производителей литиевых первичных батарей с 1987 года

С 2002 года было выпущено более 15 миллионов высокотемпературных батарей

ООО «АК Бустер» г. Санкт-Петербург

Высокотемпературные и низкотемпературные первичные литиевые элементы Tel: +7 812 380-74-38

E-mail: ak@buster-spb.ru

Антарес Санкт-Петербург

Источники тока высокой температуры, источники тока низкой температуры Tel: +7 921 956 3725

E-mail: i_han@mail.ru

НПО Свободная Энергия г. Томск

Высокотемпературные элементы и батареи Tel: +7 3822 555-777

E-mail: info@freepower.pro, gerulsky@freepower.pro

ООО «Геолит» Нижневартовск

Высокотемпературные элементы и батареи Tel: 8(3466)313133

E-mail: mwd_batt@mail.ru



