



ПЕРЕРАБОТКА
СЛАНЦЕВОГО
СЫРЬЯ

● ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ●

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ
СОПРОВОЖДЕНИЕ
НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Нефтегаз.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

7 [115] 2021

ЗЕЛЕНый СВЕТ «ЗЕЛЕНыйМ»
ТРЕНДАМ



Входит в перечень ВАК



Neftegaz.RU

СПЕЦПРОЕКТ

РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Сегодня совершенствование экологической безопасности в нефтегазовой отрасли прочно связано с развитием технологий. О том, какая работа в этом направлении ведется на ямальских активах компании «Газпром нефть» читайте в специальном проекте «Рациональная экология»



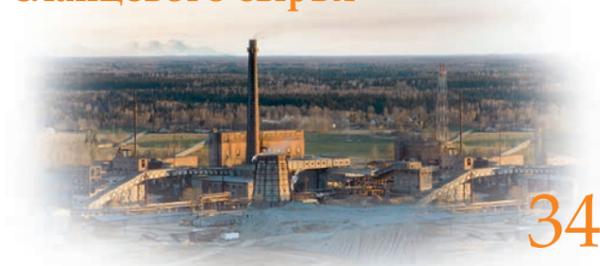
ECOLOGY.NEFTEGAZ.RU

Каталитическая конверсия оксида углерода первой и второй ступени



28

Использование и переработка сланцевого сырья



34

Экструдированный полиэтилен vs эпоксидные покрытия



40

Нефтегазопереработка в условиях новой парадигмы



46

Эпохи НГК 4

РОССИЯ Главное

Зеленый свет «зеленым» трендам 6

Голубой аммиак из Восточной Сибири 8

События 10

Первой строчкой 12

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Экология, СМП и шельф: как помогут нефтегазу аэрокосмические технологии? 14

Разработка программного комплекса дополненной реальности для обслуживания нефтегазового оборудования 16

ЦИФРОВИЗАЦИЯ

«Техэксперт»: пусть документ работает на вас 24

ПЕРЕРАБОТКА

Каталитическая конверсия оксида углерода первой и второй ступени 28

Использование и переработка сланцевого сырья 34

Экструдированный полиэтилен vs эпоксидные покрытия 40

Календарь событий 45

РЫНОК

Нефтегазопереработка в условиях новой парадигмы 46

БУРОВАЯ ХИМИЯ

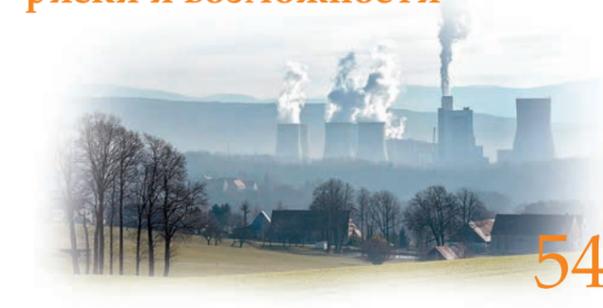
Буровые растворы 50

Буровые растворы



50

Декарбонизация: отраслевые риски и возможности



54

Критерии моделирования хранения гелиевого концентрата в месторождениях природного газа



86

Влияние сжатия на огнезащитные свойства минераловатной плиты при стандартном и углеводородном режимах пожара



97

ЭКОЛОГИЯ

Декарбонизация: отраслевые риски и возможности 54

Экологическое сопровождение нефтегазодобычи на шельфе и морской транспортировки углеводородов 60

ОБОРУДОВАНИЕ

Многофункциональные установки газоподготовки «ЭНЕРГАЗ». Типы и применение 66

ТРАНСПОРТИРОВКА

Совершенствование контроля качества очистки внутренней полости технологических трубопроводов компрессорных станций 72

Производство ремонтных работ при закреплении трубопроводов на проектных отметках 80

Россия в заголовках 85

ХРАНЕНИЕ

Критерии моделирования хранения гелиевого концентрата в месторождениях природного газа 86

Хронограф 89

НЕФТЕСЕРВИС

Особенности глушения добывающих скважин в условиях аномально низких пластовых давлений 90

ПРОМБЕЗОПАСНОСТЬ

Влияние сжатия на огнезащитные свойства минераловатной плиты при стандартном и углеводородном режимах пожара 97

Новости науки 102

Нефтегаз Life 104

Классификатор 106

Цитаты 112

2200 лет назад

В I веке до н.э. в Египте и Китае применяли первые ветряные двигатели. В районе египетской Александрии сохранились остатки каменных ветряных мельниц барабанного типа. В VII в. н.э. персы стали строить более совершенные – крыльчатые ветряные мельницы.

257 лет назад

В 1764 году Б. Франклин описал эксперимент, в котором он поджигал поверхность заболоченного озера. После установления наличия метана в болотном газе и открытия его химической формулы, европейские ученые предприняли первые шаги в изучении области практического применения биогаза.

187 лет назад

В 1834 году французский инженер Б. Фурнерон изобрел водную турбину. Через три года, независимо от него, турбину, которая была установлена на Нижне-Алапаевском заводе, сконструировал русский мастер И. Сафонов.

169 лет назад

В 1852 году Т. Томсон предложил практическую теплонасосную систему, использующую воздух в качестве рабочего тела, которую назвал «умножителем тепла».

131 год назад

В 1890 году в городе Бойз (штат Айдахо) началось бурение геотермальных скважин для создания системы геотермального отопления. К концу XIX века в Бойзе дома начали отапливаться с помощью природных источников.

126 лет назад

В 1895 году в городе Эксетер (графство Девоншир) уличные фонари заправлялись газом, полученным в результате брожения сточных вод.

110 лет назад

В 1911 году в Бирмингеме был построен завод для обеззараживания сточных вод города, а вырабатываемый биогаз использовался для производства электроэнергии.

95 лет назад

В 1926 году в Берлине на пятнадцатиметровой башне был установлен один из первых ветряных двигателей с роторами (цилиндрами) на четырех крыльях диаметром 20 м. Его крылья были изготовлены из легкого металла – лоталля. Тогда же начали предприниматься попытки создать силовые установки на основе ветротурбин для морских и речных судов.

83 года назад

В 1938 году Неман и Дюселье разработали первую биогазовую установку для переработки твердых отходов объемом 10 м³.

Издательство Neftegaz.RU

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор
Ольга Бахтина

Шеф-редактор
Анна Павлихина

Редактор
Анастасия Никитина

Аналитики
Артур Гайгер
Дарья Беляева

Журналисты
Анна Игнатьева
Елена Алифирова
Сабина Бабаева

Дизайн и верстка
Елена Валетова

Корректор
Виктор Блохин

РЕДКОЛЛЕГИЯ

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

Алюнов Александр Николаевич
Вологодский государственный университет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Издательство:
ООО Информационное агентство Neftegaz.RU

Директор
Ольга Бахтина

Отдел рекламы
Дмитрий Аверьянов
Денис Давыдов
Ольга Щербакова
Валентина Горбунова
Екатерина Мардасова
Артур Оганесян
Анна Егорова
pr@neftgaz.ru
Тел.: +7 (495) 778-41-01

Представитель в Евросоюзе
Виктория Гайгер

Служба технической поддержки
Андрей Верейкин
Сергей Прибыткин
Евгений Сукалов

Выставки, конференции, распространение
Мария Короткова

Менеджер 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

Адрес редакции:
123001, г. Москва, Благоевещенский пер., д. 3, с.1
Тел.: +7 (495) 778-41-01
www.neftgaz.ru
e-mail: info@neftgaz.ru
Подписной индекс МАП11407

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

Отпечатано в типографии «МЕДИАКОЛОР»

Заявленный тираж 8000 экземпляров



Тендерный КОНСАЛТИНГ

ПОДДЕРЖКА УЧАСТНИКОВ ЗАКУПОК НА ВСЕХ ЭТАПАХ (ПО ФЗ №44 И ПО ФЗ №223)



Действуя строго в рамках законодательства, мы обеспечиваем вам честную победу в нужном тендере

+7 495 987 18 50 (многоканальный)

Москва, ул. Крымский вал, д.3, стр.2, офис №7 (м. Октябрьская)



Форум посетил «внушительный набор высоких гостей»



В. Путин подписал закон об ограничении выбросов парниковых газов



Катар – наиболее крупный инвестор в российскую промышленность



Total намерена развивать в России чистую энергетику

ЗЕЛЕНый СВЕТ «ЗЕЛЕНый» ТРЕНДАМ

Анна Павлихина

Петербургский экономический форум, как наиболее глобальное международное бизнес-мероприятие, проходящее в России, закономерно отражает основные экономические тенденции. Его до сих пор называют ответом Давосу, хотя с 2014 года, когда большинство европейских стран отвернулись от России, это утверждение неправомерно. В нынешнем году ПМЭФ, по заявлению МИДа, посетил «внушительный набор высоких гостей» из Венесуэлы, Азербайджана, Катар, Северной Македонии, Словакии, Словении, Сомали и Туркменистана. Что важно, отказалась принимать участие в работе Форума официальная делегация США. В предыдущие годы в дискуссиях участвовали президент Франции, Генсек компартии Китая и другие лидеры ведущих стран. В этом году только канцлер Австрии выступил с небольшим обращением по видеосвязи. В целом из двух тысяч иностранных делегатов 20% – представители Китая и Катар.

Таким образом, в отличие от форума в Давосе, где собирается мировая бизнес- и политическая элита, российское мероприятие посещают делегации не самых крупных стран, имеющих возможность заключать мезальясные контракты, не столько дающие нашей стране, сколько получающие от нее.

Исключением можно назвать Китай и Катар. Последний является наиболее крупной страной-инвестором в российскую промышленность. Интерес катарских инвесторов в России продиктован желанием развивать ту составляющую чистой энергетики, в которой Россия сильна по принципу близости этого направления к традиционным углеводородам. Речь идет об СПГ-проектах, получивших мощный импульс развития в нашей стране, как продукт, близкий к традиционной газодобыче.

Сжиженный природный газ вызывает интерес у многих российских партнеров. В частности, на ПМЭФ было заключено соглашение с китайской Zhejiang Provincial Energy Group о долгосрочных поставках СПГ с проекта «Арктик СПГ-2».

Total, вместе с «НОВАТЭК» развивающая проект по добыче СПГ на Ямале, построила перевалочный пункт на Камчатке, где можно будет менять тяжелые танкеры на более легкие, чтобы снизить углеродный след в Арктике.



Главный исполнительный директор компании Total Energies П. Пуанне заявил, что приехал на Форум, чтобы способствовать переходу России к «чистой» энергетике.

В целом можно сказать, что если раньше инвесторов интересовала по большей части российская нефть, то в этом году в международных договоренностях на первый план начали выходить «зеленые проекты».

Российские компании в разной степени стараются ориентироваться на европейские запросы и создавать новые возможности для инвестирования. Например, ЛУКОЙЛ в независимом порядке анонсировал цели по достижению нулевых выбросов к 2050 году.

Увы, но, несмотря на старания компаний, только 4% российских предприятий отвечают требованиям европейского законодательства, позволяющим претендовать на привлечение «зеленого» финансирования.

На энергетических сессиях ПМЭФ эксперты отмечали продолжение нефтяной эры, утверждая, что к 2050 году доля углеводородов составит не менее 71% в мировом энергобалансе, однако все понимают, что игнорировать климатическую повестку для России опасно.

Стоимость эмиссионных квот к 2030 г. может вырасти в два раза до 100 евро за т выброса CO₂, а это – дополнительная статья в издержках компаний. За продукцию с углеродным следом придется доплачивать, а значит, компании, не переориентовавшиеся на производство чистого продукта, будут платить в бюджеты иностранных государств. Специалисты справедливо полагают, что России лучше ввести сборы на углеродоемкую продукцию до момента их появления в странах-импортерах.

Учитывая этот нюанс, президент России В. Путин в начале июля подписал закон об ограничении выбросов парниковых газов, согласно которому будет введена углеродная отчетность, сформирована модель регулирования и создан реестр выбросов парниковых газов для государственного учета.

Россия должна постараться сохранить за собой роль основного поставщика энергоносителей в мире вне зависимости от того, какие энергоносители будут востребованы.

Эта мысль прослеживалась и в риторике петербургского форума. Все меньше речь шла о нефти и газе, за контрактами на которые на это мероприятие приезжали иностранные партнеры в предыдущие годы, и все больше о проектах, завязанных на экологической ответственности.

Мейнстрим изменился и соответствовать экологической повестке – единственный шанс для России удержать позиции на мировом рынке энергоносителей. ●

ГОЛУБОЙ АММИАК ИЗ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Елена Алифирова

Иркутская нефтяная компания совместно с японской JOGMEC, Toyo Engineering Corporation и ИТОСНУ Corporation проведет работу по подготовке второго этапа технико-экономического обоснования производства «голубого» аммиака в Восточной Сибири и его поставок в Японию. Сырье производится из природного газа с улавливанием CO₂, который может закачиваться в пласт для повышения нефтеотдачи. «Голубой» аммиак можно хранить и перевозить с использованием инфраструктуры для СУГ. Для наземной перевозки продукта предполагается использование железнодорожного или трубопроводного транспорта. Аммиак считается одним из основных видов топлива в судовых перевозках, использование которого может помочь достижению целевых уровней по выбросам CO₂ для судоходства на 2050 г. Япония, нацеленная на достижение нулевого уровня выбросов парниковых газов к 2050 г., заинтересована в широком использовании водорода, как напрямую, так и в форме аммиака.

ДЛЯ ЭТИЛЕНОВОГО КОМПЛЕКСА НКНХ ОСУЩЕСТВЛЕНА ПОСЛЕДНЯЯ ВОДНАЯ ДОСТАВКА

Для строящегося этиленового комплекса ЭП-600 Нижнекамскнефтехима доставлена последняя партия технологического оборудования, транспортируемая по водным путям.

Сухогрузный теплоход-площадка Окский-56 доставил компрессорную установку воздуха декоксования в промышленный порт ТрансКама. Нагнетательное устройство было изготовлено в Южной Корее. Установка включает два компрессора: для подачи технического воздуха в технологические цеха ЭП-600 и компрессор, используемый для подачи сжатого воздуха в змеевики печей пиролиза для проведения декоксования. Оборудование установят в цехе подготовки воды № 7209 ЭП-600. В настоящее время изготовлено 89 тыс. м³ железобетонных конструкций, смонтировано более 16,7 тыс. т металлоконструкций. На фундамент установлены 313 ед. оборудования. Мощность нового комплекса ЭП-600 НКНХ составит 600 тыс. т/год этилена. Основной этап строительства планируется завершить в декабре 2022 г. ●

Рейтинги Neftegaz.RU

На научные исследования до 2024 года планируется выделить 1 трлн 630 млрд рублей. Запускаются специальные программы по критически важным для развития страны направлениям. Какие области научных изысканий необходимо финансировать в первую очередь?

На развитие каких научных направлений следует выделять финансирование?

18%
Новые конструкционные материалы

5%
Космические программы

2%
Нанотехнологии

26%
Медицина

31%
Экология

18%
Прикладные исследования в тяжелых отраслях промышленности

Провал договоренности ОПЕК+ на снижение добычи в августе, непреодоленные посткризисные обстоятельства, новые экологические тренды – все это делает цены на нефть крайне волатильными. Что ждет мировой рынок нефти и какова будет ее стоимость во второй половине 2021 года?

Какой будет цена нефти во второй половине 2021 года?

12%
В июне мировое потребление осталось на уровне 4,5 млн барр., но добыча до сих пор сокращена, поэтому цена будет держаться на уровне 75 долл. США за барр.

8%
ОПЕК+ и США добывают ежедневно на 5,6 млн барр. меньше, чем до кризиса, цена поднимется до 80 долл. США за барр.

21%
Иран выключен из мировой нефтеторговли, как только наметится прогресс в переговорах по иранской ядерной сделке, цена упадет до 60 долл. США за барр.

19%
Компании резко нарастят добычу, в случае превышения отметки 80 долл. США за барр., значит, к концу года цена упадет до 70 долл. США за барр.

25%
Как только закончится действие соглашения ОПЕК+, цена упадет до 65 долл. США за барр.

15%
Каждые 2 трлн долл. США, «зеленых» капиталовложений, означают 200 тыс. барр. в сутки спроса на нефть, значит, цена вырастет до 100 долл. США за барр.

КЛЮЧЕВОЕ СОБЫТИЕ ОТРАСЛИ: в центре внимания, в центре Москвы

НАЦИОНАЛЬНЫЙ
НЕФТЕГАЗОВЫЙ
ФОРУМ

www.oilandgasforum.ru

21-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
НЕФТЕГАЗ-2022

www.neftegaz-expo.ru

18–21 апреля 2022
Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

12+
Реклама

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

Второй век ВСТО
Богурганская ТЭС запущена
Продажа квот
Дочли руки до Арктики
Цены на газ
Южный поток
Северный поток достроили

Президент подписал закон об ограничении выбросов парниковых газов

Президент России В. Путин подписал закон об ограничении выбросов парниковых газов.



Согласно ФЗ должна быть введена углеродная отчетность для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, что позволит ограничить выбросы парниковых газов.

Вводить модель регулирования таких выбросов для российских загрязнителей атмосферы планируется поэтапно: с 1 января 2023 г. – компании с показателями выбросов 150 тыс. т углекислого газа в год и более, с 1 января 2024 г. – те, кто вырабатывает 50 тыс. т в год и более. Закон вводит понятие «целевой показатель сокращения выбросов парниковых газов», который будет установлен правительством с учетом поглощающей способности лесов и иных экосистем, необходимости обеспечения устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития страны. Юрилица и ИП в рамках ФЗ смогут реализовывать климатические проекты, направленные на сокращение выбросов парниковых газов или увеличение их

поглощения. Планируется создать реестр выбросов парниковых газов для их государственного учета. В ЕС ведется борьба с негативными последствиями выбросов CO₂ с 2005 г. Недавно в Евросоюзе отметили, что квотирование выбросов в атмосферу дало возможность злоупотреблений и не в полной мере решило поставленные климатические задачи.

Первая российская тихоходная турбина для АЭС

Турбина мощностью 1 255 МВт спроектирована и разработана сотрудниками специального конструкторского бюро ЛМЗ (входит в Силловые Машины).



Характеристики основных узлов агрегата позволят в будущем создать на ее базе машину, применение которой будет возможно в турбоустановке с единичной мощностью в диапазоне 1600–1800 МВт. Производство головного образца тихоходной турбины большой мощности позволяет предприятию выйти на рынок тихоходных турбин большой мощности и составить в этом сегменте конкуренцию мировым энергомашиностроительным компаниям.

Новый СПГ-завод

Власти Хабаровского края и газодобывающая компания Дальгазресурс на форуме «Энергия Дальнего Востока» обсудили строительство заводов по производству сжиженного природного газа в регионе и подписали меморандум о сотрудничестве. Дальгазресурс представил проект строительства сети заводов на пяти подготовленных к глубокому бурению на геологических структурах бурейнского участка недр и проект строительства Логистического центра, обеспечивающего бесперевальную доставку СПГ при мультимодальных перевозках. В планах – поставка СПГ потребителям в контейнер-цистернах. Строительство планируют начать на базе Андиканского месторождения. Это единственное открытое месторождение углеводородного сырья в Хабаровском крае. Согласно проекту, это будет малотоннажный завод блочно-модульного типа, построенный непосредственно



на месторождениях природного газа. Доказанные запасы месторождения – 2 млрд м³, что позволит обеспечить газом завод СПГ в течение 20 лет.

ГМТ – Волгоградской области

Власти региона и Газпром обсуждают возможность газификации малых и удаленных населенных пунктов, в т.ч. за счет КПП или СПГ. Вопросы добычи, транспортировки и переработки



газа на территории региона, реализации инвестпроектов в этой отрасли рассмотрели губернатор Волгоградской области А. Бочаров и зампред правления Газпрома В. Маркелов в ходе рабочей поездки в Быковский район. В Волгоградской области активно развивается добыча и переработка природного газа, в т.ч. выпуск компримированного газа. Один из проектов реализован в Быковском районе, где создан технический комплекс по добыче и транспортировке КПП и конденсата с Южно-Кисловского месторождения. Новая программа газификации на 2021–2025 гг. предполагает строительство 104 межпоселковых и внутрипоселковых газопроводов, подготовку к приему газа 242 котельных. Однако даже после реализации новой программы негазифицированными останутся 479 населенных пунктов. А. Бочаров предложил обсудить оптимальные механизмы их газификации за счет КПП или СПГ.

БПЛА контролируют парниковые газы

Оренбургнефть приступила к контролю уровня парниковых газов с помощью беспилотного комплекса. Мониторинг проводится с помощью дистанционного лазерного газоанализатора, установленного на БПЛА. С дрона информация о возможном содержании метана в слоях воздуха в режиме реального времени поступает на наземную станцию управления. После посадки БПЛА и постобработки данных составляется фотоплан и тепловая карта в случае выявления отклонений. В 2019 г. Роснефть присоединилась к инициативе международных



нефтегазовых мейджоров, подписав руководящие принципы по снижению выбросов метана в производственно-бытовой цепочке природного газа. Согласно корпоративному плану Роснефти по углеродному менеджменту до 2035 г., интенсивность выбросов метана на объектах компании должна быть снижена до 0,25%.

В России появится единая энергозона

Федеральная антимонопольная служба России (ФАС) запустит пилотный проект единой

энергозоны. С 1 июля 2021 г. единое тарифное пространство появится в Курганской и Тюменской областях, а также в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах. Эталонные тарифы позволят снизить тариф в некоторых областях более чем на треть.

По результатам «пилота» проект планируют тиражировать в рамках федеральных округов, ценовых зон оптового рынка или же всей страны в целом.

Энергетическая зона позволит унифицировать тарифы на передачу электроэнергии соседних регионов, привести затраты в электросетевом комплексе к эталонным значениям, определить средний уровень операционных затрат компаний на содержание электросетевого комплекса, повысить прозрачность ценообразования, а также стимулировать компании к сокращению издержек.

Эталонный принцип в формировании энерготарифов может быть принят в России на законодательном уровне в 2021 г.



и заработает в 2022 г. Эталонный принцип может быть применен в сфере ЖКХ, а также тепловой энергетике. ●

На **400** тыс. барр./сутки

должна увеличиваться добыча нефти с августа согласно рекомендации ОПЕК+

На **5%**

увеличилось число нефтегазовых установок в июне

Число действующих буровых для добычи нефти и газа в мире составило **1325 шт.**

Более чем на **1 млрд руб.**

ФАС оштрафовала нефтетрейдеров по делу о сговоре на рынке

На **3,1%** увеличилась добыча угля в России в июне этого года, составив **32,79 млн т**

110 млн т нефти экспортировала Россия в 2021 г.

Это меньше, чем в 1-м полугодии предыдущего года. Экспорт российской нефти в январе-июне 2021 г. сократился на **10,4%**

На **168,3** тыс. т нарастила добычу Татнефть в 2021 г.

Прирост по добыче составил **1,27%**. Предприятиями Группы Татнефть с начала 2021 г. добыто **13 428,5 тыс. т** нефти

38,08 млн т нефти планирует прокачать Транснефть за июль

36,73 млн т из запланированных – российская нефть

Европейские квоты на выброс углекислого газа могут подорожать в два раза к **2030 году**

За выброс тонны CO₂ придется заплатить

100 евро

6 млрд долл. США получил в июне Ирак от экспорта нефти

За границу из страны вывезено более **86 млн барр.** нефти

На **25,7%** увеличил поставки газа в дальнее зарубежье Газпром в 1-м полугодии 2021 г.

Башнефть увеличила выпуск базовых масел

На **16,3%** до **2433 т**

Спотовые цены на газ превысили **450 долл. США/1000 м³**

Qatar Petroleum подписала соглашение о поставке в Китай

1 млн т СПГ в год на 10 лет

В **10** раз Россия планирует увеличить долю ВИЭ в энергобалансе страны с 1 до 10% в 2040 г.

Более **500** млн руб. направлено на модернизацию Хабаровской ТЭЦ-3 и повышение ее экологичности

Порядка **300 млн руб.** пошло на реконструкцию котельного оборудования

10,86 млн т нефти отгрузила на экспорт Транснефть, нарастив отгрузку почти на 1/3

Показатель экспорта нефти морским путем с начала 2021 г. впервые превысил отметку в **10 млн т**

4 трлн долл. США могут составить потери экспорта России от трансграничного углеродного регулирования к 2050 г.

Россия заняла **3** место среди поставщиков нефти и нефтепродуктов в США

ЭКОЛОГИЯ, СМП И ШЕЛЬФ: как помогут нефтегазу аэрокосмические технологии?

24 МАРТА НА ПЛОЩАДКЕ КОМПАНИИ «ГАЗПРОМ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ» – В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОМ ЦЕНТРЕ ЩЕЛКОВО – ПРОШЛО 14-Е ЗАСЕДАНИЕ РАБОЧЕГО КОМИТЕТА МДК «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА». ЭКСПЕРТЫ ОБСУДИЛИ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ON MARCH 24 AT THE SITE OF GAZPROM SPACE SYSTEMS – AT THE TELECOMMUNICATION CENTER IN SHCHELKOVO – THE 14TH MEETING OF THE IBC OPERATING COMMITTEE “MODERN TECHNOLOGIES AND PROSPECTIVE PROJECTS OF THE OIL AND GAS SECTOR” WAS HELD. THE EXPERTS DISCUSSED THE TRENDS AND PROSPECTS OF USING AEROSPACE TECHNOLOGIES IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

Ключевые слова: аэрокосмические технологии, высокотехнологичная продукция, экологическая безопасность, Северный морской путь, мониторинг морских объектов.

Сабина Бабаева

Открывая заседание, заместитель председателя правления «Газпрома», председатель Совета директоров «Газпром космические системы» В. Маркелов отметил, что подразделение, осуществляющее космическую деятельность, является очень важным звеном Группы Газпром.



«Наши объекты находятся в труднодоступных регионах: на Ямале, в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, где пока нет людей. Мы проводим геологоразведочные работы, начинаем добывать газ. Нам необходима постоянная связь с этими объектами в режиме реального времени. И компания «Газпром космические системы» выполняет данную работу», – отметил В. Маркелов

О большой роли аэрокосмических технологий в нефтегазовой промышленности заявил и заместитель министра энергетики Московской области Е. Гаврилов. Он напомнил, что в 2019 году губернатор Московской области

А. Воробьев и председатель правления «Газпрома» А. Миллер подписали дорожную карту по расширению использования высокотехнологичной продукции предприятий региона в интересах «Газпрома».



«Для рационального использования углеводородных природных ресурсов, изучения геологического строения нефтегазоносных территорий, повышения эффективности разведки и поиска нефти и газа, обеспечения безопасной деятельности предприятий добычи, переработки, хранения, транспортировки и распределения нефти, нефтепродуктов и газа, а также для снижения их негативного воздействия на окружающую среду необходимо использовать последние достижения науки и соответствующее информационное обеспечение», – подчеркнул замминистра.

Сейчас проект успешно реализуется. Благодаря сотрудничеству растет научно-технический и промышленный потенциал не только области, но и страны в целом.

Участники заседания не раз затрагивали тему экологической безопасности, для обеспечения которой космические системы являются одним из наиболее эффективных решений. Если собрать воедино сумму всех штрафов, взысканных в последнее время за нанесение вреда окружающей среде в стране, по словам первого заместителя генерального директора по развитию орбитальной группировки и перспективным проектам Госкорпорации «Роскосмос» Ю. Урличича, они составят сотни миллиардов рублей. Этих средств точно хватило бы на создание даже не одной, а нескольких орбитальных группировок для экологического мониторинга, которые позволили бы не допустить подобных катастроф. Сегодня в России на повестке дня стоит вопрос создания космических аппаратов, способных детектировать выбросы парниковых газов, в частности, это спутник дистанционного зондирования Земли «Смотр-В», разрабатываемый «Газпром космические системы». На фоне введения Евросоюзом трансграничного углеродного регулирования для сдерживания глобальных изменений климата эта разработка приобретает особое значение. У России появится собственный инструмент для отслеживания углеродной ситуации.

Большие возможности для развития космических систем открываются и на Северном морском пути (СМП). «Северный морской путь – то, чем гордится наша страна.

УДК 004.629.7

Он должен работать круглогодично. Заинтересована в использовании космических технологий в этом регионе и Госкорпорация «Росатом», которая наделена функцией единого инфраструктурного оператора Северного морского пути. Для решения задач в Арктике нужны и связь, и вещание, и навигация, и дистанционное зондирование Земли, включая метеобеспечение», – рассказал Ю. Урличич. Первый заместитель гендиректора «Газпром космические системы» П. Корвяков сделал акцент на том, что с мониторингом СМП максимально эффективно могут справиться именно радиолокационные космические системы. «Поскольку спутники-радары имеют полярную орбиту с наклоном близким к 90 градусам, они видят Северный морской путь с высокой периодичностью и позволяют оперативно мониторить ледовую обстановку», – объяснил П. Корвяков. Плюс радарная съемка – всепогодная, что также очень важно для мониторинга северных широт. По оценкам, использование актуальных космических данных о ледовой обстановке поможет повысить эффективность перевозок по СМП в 1,5–2 раза за счет улучшения качества планирования маршрутов с учетом ледовой обстановки. То же самое, по словам первого заместителя гендиректора «Газпром космические системы», касается и бурения на шельфе, где вспомогательные корабли обеспечивают работу буровых платформ и их безопасность.

Тему работы на шельфе затронул и гендиректор «Газпром ВНИИГАЗ» М. Недзвецкий. «Мы уходим на шельф, и здесь полноценный мониторинг морских объектов без данных из космоса невозможен.

Речь идет о мониторинге строительства, ледовой обстановки и работ по инженерным изысканиям. С помощью спутников независимо от сезона и времени суток можно получать информацию, принимать своевременные управленческие решения и обеспечивать экономическую эффективность реализации данных проектов», – отметил он.

Для решения всех этих непростых задач конструкторским бюро компании «Газпром СПКА» совместно с «Газпром космические системы» разрабатывается универсальная космическая платформа, на базе которой будут создаваться многоспутниковые группировки. По словам П. Корвякова, она будет использоваться и в интересах российской Программы «Сфера», подразумевающей комплексное развитие космических инфортехнологий на период до 2030 года. Многие задачи нефтегазового комплекса, которые сейчас решаются беспилотниками (БПЛА), будут более эффективно решаться из космоса, уверил П. Корвяков.

При этом сфера использования БПЛА нефтегазовыми компаниями тоже продолжает расширяться, несмотря на ограниченные возможности их использования.

«Мы запустили первый кейс с доставкой проб нефти с удаленного участка месторождения до лаборатории. У нас есть ощущение, что это станет первым экономически оправданным решением, потому что проблема БПЛА в том, что летать когда угодно и как угодно по требованию они не умеют: все зависит от погоды и обстановки. Для них больше подходят ситуации, когда есть определенная дальность, небольшая нагрузка, расписание,

по которому перевозка должна осуществляться. Пробы должны забираться с кустовой площадки с определенной регулярностью и доставляться в лабораторию. Если участок удаленный, это сложно и дорого. Простые беспилотные модели помогают эту задачу решать».

Участники заседания рассказали и о тех изменениях, которые происходят сегодня в деле создания космических аппаратов. «Если раньше спутник, который был создан и настроен на Земле, уходил в полет и непрерывно работал в космосе 15 лет в неизменной конфигурации, то сегодня в таких аппаратах появляется новое качество – гибкость. Есть возможность видоизменить функции этого аппарата в определенных пределах, модифицировать спутник на орбите с помощью бортового программного обеспечения», – объяснил региональный директор крупного европейского производителя аэрокосмической продукции Thales Alenia Space в России А. Бакунц, заметив, что сегодня многие заказчики обращаются за подобными решениями.

Это лучшее подтверждение того, что отрасль не стоит на месте. Для дальнейшего ее развития необходимо укреплять сотрудничество между государством, ведущими нефтегазовыми предприятиями, производителями космических систем, профильными вузами и зарубежными партнерами. В таком случае уже в ближайшее время космические аппараты смогут существенно повысить эффективность нефтегазового комплекса. ●

KEYWORDS: aerospace technologies, high-tech products, environmental safety, the Northern Sea Route, monitoring of marine objects.



РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ для обслуживания нефтегазового оборудования

КВАЛИФИКАЦИЯ ИНЖЕНЕРОВ, УПРАВЛЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, НАПРЯМУЮ ВЛИЯЕТ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА. НО КВАЛИФИКАЦИЯ ИНЖЕНЕРОВ НЕ ИСКЛЮЧАЕТ ПОЛНОСТЬЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР. СЕГОДНЯ СУЩЕСТВУЕТ МНОЖЕСТВО ТЕХНОЛОГИЙ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ МИНИМИЗИРОВАТЬ ИЛИ ИСКЛЮЧИТЬ ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА. ПРИМЕРОМ ЯВЛЯЕТСЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ЯВЛЯЕТСЯ. В СТАТЬЕ ПОКАЗАНО СОЧЕТАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ МАСЛЯНЫХ НАСОСОВ. ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАЛАСЬ ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОЦЕНТРОБЕЖНЫМ НАСОСОМ GRUNDFOS (CR15-4 A-FGJ-AE-HQQE), ПРЕДСТАВЛЯЮЩАЯ СОБОЙ ФИЗИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ ОДНОГО ИЗ НЕПРЕРЫВНЫХ НЕФТЯНЫХ ПРОЦЕССОВ. ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ И АЛГОРИТМОВ ПРОВОДИЛОСЬ НА ЧЕТЫРЕХ ГРУППАХ ЛЮДЕЙ. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОКАЗЫВАЮТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ОСОБЕННО ОБОРУДОВАНИЯ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО В ОТДАЛЕННЫХ АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

A QUALIFICATION OF EMPLOYEES WHO OPERATE TECHNOLOGICAL PROCESSES DIRECTLY INFLUENCES ON THE SAFETY OF PRODUCTION. BUT THE EMPLOYEES' QUALIFICATION CAN'T COMPLETELY EXCLUDE HUMAN FACTOR. TODAY, THERE ARE A LOT OF TECHNOLOGIES THOSE CAN MINIMIZE OR ELIMINATE HUMAN FACTOR IMPACT ON PRODUCTION SAFETY ENSURING. THE AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IS AN EXAMPLE OF THIS TECHNOLOGY. NOWADAYS THE AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES AND INDUSTRIAL TECHNOLOGIES INTEGRATION PROCESS MOVES TO A NEW LEVEL OF DEVELOPMENT. FOR RESEARCHING OF EFFICIENCY OF AUGMENTED REALITY SYSTEM FOR OIL PUMP MAINTENANCE THE LABORATORY UNIT WITH GRUNDFOS VERTICAL ELECTRIC CENTRIFUGAL PUMP (CR15-4 A-FGJ-AE-HQQE) WAS USED. THE LABORATORY UNIT IS A PHYSICAL MODEL OF ONE OF THE CONTINUOUS OIL PROCESSES. THE OIL PUMP OF THIS LABORATORY UNIT IS OBJECT OF THIS RESEARCH. THE ALGORITHM OF SERVICING OF OIL PUMP WAS DEVELOPED. THE TEST OF SYSTEM AND ALGORITHMS WERE CARRIED OUT WITH FOUR GROUPS OF PEOPLE: THE FIRST HAD ON HAND ONLY INSTRUCTIONS TO USE, THE SECOND USED ONLY THE INTERNAL RECOMMENDATIONS OF THE SYSTEM, THE THIRD USED ONLY THE HELP OF AN EXPERT, AND THE FOURTH USED INTERNAL RECOMMENDATIONS AND, IF NECESSARY, CONTACTED THE EXPERT. THE RESULTS SHOW THE EFFICIENCY AND ACTUALITY OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY FOR MAINTENANCE OF INDUSTRIAL EQUIPMENT, ESPECIALLY FOR THE EQUIPMENT OPERATED IN REMOTE ARCTIC CONDITIONS

Ключевые слова: дополненная реальность, ремонт скважин, обслуживание бурового оборудования, цифровизация, повышение квалификации, нефтегазовое дело.

Котелева Наталья Ивановна

доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств

Куншин Андрей Андреевич

аспирант кафедры бурения скважин, инженер-исследователь Научного центра «Арктика»

Сидоров Дмитрий Андреевич

аспирант кафедры бурения скважин, инженер-исследователь Научного центра «Арктика»

Вальнев Владислав Владимирович

магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств

Санкт-Петербургский горный университет

Нефтегазовая промышленность это большой, динамичный и сложный сектор, который предлагает прекрасные возможности трудоустройства для большого числа людей во всем мире. Успешное развитие или сохранение нефтегазовой отрасли будет зависеть от внедрения последних технологических достижений. Поэтому в настоящее время предлагается внедрять технологии дополненной реальности в нефтяной отрасли [1].

Аналитики считают, что модернизация производства, в том числе и в нефтегазовой отрасли, возможна за счет внедрения технологий дополненной реальности в производственный процесс. Расширение возможностей нефтяной отрасли позволит найти новые решения актуальных проблем, таких как разведка и добыча трудноизвлекаемой нефти, обустройство месторождений морского шельфа, транспортировка нефти с Крайнего Севера [2].

Использование технологии дополненной реальности открывает среднесрочные перспективы для повышения безопасности и эффективности сотрудников, и в дальнейшем с развитием цифровой двойной технологии

станет возможным прогнозировать сбои технических систем, давая время для реагирования или принятия мер по ремонту.

Любая техническая система, даже самая надежная, требует квалифицированного обслуживания и ремонта в случае выхода из строя. В то же время ввиду сложности и разнообразия оборудования, используемого в нефтегазовой отрасли, необходимо присутствие широкого круга специалистов. В противном случае отказ даже одного элемента приведет к увеличению времени простоя, которое увеличивается пропорционально удаленности объекта и сложности логистики.

Устранение непроизводственного времени (простоя оборудования, необходимого для ремонта и обслуживания) – актуальное направление снижения затрат в нефтегазовом секторе. Особенно ярко это проявляется в условиях современных реалий, когда общий объем запасов углеводородов включает все больше и больше трудноизвлекаемых запасов, а их добыча требует значительно больших финансовых, материальных и трудовых ресурсов [3].

По экспертным оценкам, российские нефтяные предприятия ежегодно терпят более 4,5 тысячи простоев из-за отказа оборудования. При этом затраты на ремонт оборудования составляют более 2,5 млрд рублей. В связи с этим компания теряет ресурсы в размере до 500 000 тонн нефти [4]. А упущенный маржинальный доход составляет около 3,8 млрд рублей. Описанная проблема приобретает все большее значение для российской нефтегазовой отрасли, поскольку разведка и добыча перемещаются во все более отдаленные и северные регионы, включая арктические территории, где с развитием технологий становится актуальной парадигма «максимальная автоматизация и минимум людей» [5].

Эксплуатация на удаленных арктических территориях связана с рядом факторов, определяющих необходимость тщательного проектирования и планирования мероприятий по обслуживанию и ремонту:

1. Короткий период навигации для морского транспорта. В период летней навигации значительная часть грузов может быть доставлена по Северному морскому пути и речным транспортом в такие порты, как Варандей, Диксон, Дудинка, Певек, Тикси и др. Но большую часть года (до 10 мес. в год) Северный Ледовитый океан покрыт льдом. Доставка товаров и продуктов питания в порты Арктики возможна только в течение двух месяцев в году. Поэтому необходимо тщательное планирование, а также учет поставок оборудования и запчастей для удаленных нефтегазовых проектов; подготовка наземных коммуникаций и инфраструктуры [6].
2. Плохие погодные условия. Желательно доставлять персонал к месту работы и обратно самолетом или вертолетом. На значительные расстояния целесообразно организовать специальные передовые базы с жилыми помещениями, запасами топлива и продовольствия, поскольку в арктическом регионе из-за штормов и суровых климатических условий нелетная погода может длиться до нескольких недель.

В связи с этим наиболее передовым решением в области дополненной реальности в ближайшем



будущем является предоставление обслуживающему персоналу данных о работе технологических систем, конструкции оборудования и порядке его обслуживания в случае неисправности. Если описанного решения нет, то можно применить удаленное подключение специалистов. Они смогут быстро изучить собранные данные, визуально осмотреть оборудование с помощью камеры в гарнитуре и дать подробные рекомендации по устранению неисправностей. Ранее такая ситуация требовала телефонной связи с любым специалистом, изучения инструкций и нормативных документов, а также длительной переписки с техническими специалистами и проектировщиками в случае возникновения нестандартной ситуации.

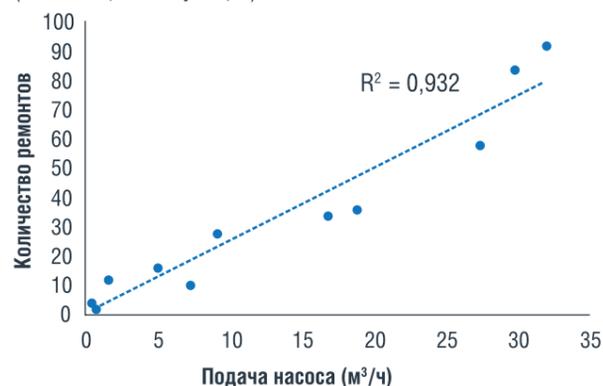
Техническое обслуживание электроцентробежного насоса – одна из важных мер, которая может уменьшить количество его отказов. Существует три метода обслуживания: по расписанию, по времени работы и по фактическому состоянию [7]. Техническое обслуживание по графику показывает, какой тип оборудования и когда необходимо обслуживать. В этом случае выдается список периодов технического обслуживания оборудования. Таким образом, заранее известны позиции и периоды времени. Причем интервалы между ремонтами строго определены и не зависят от текущего состояния оборудования. Во время технического обслуживания по фактическому состоянию контролируются некоторые параметры и на основании этого определяется необходимость ремонта оборудования. Этот метод обслуживания является наиболее предпочтительным, поскольку ремонт проводится только в случае необходимости [8].

Однако этот метод обслуживания имеет ряд недостатков. Возможно, отслеживаемые параметры показывают неполную картину, неправильное состояние насоса. В этом случае, даже после технического обслуживания, возможен отказ насоса и, как следствие, остановка производственного процесса.

Согласно статистике, электроцентробежные насосы одной из ведущих нефтедобывающих компаний составляют 40% всех типов насосов [9]. На рис. 1 представлена зависимость наработки от количества ремонтов насоса. Как видим, этот подход зависимости является линейным. Вне зависимости от типа и марки производителей насосов количество ремонтов прямо пропорционально времени работы. Это означает,

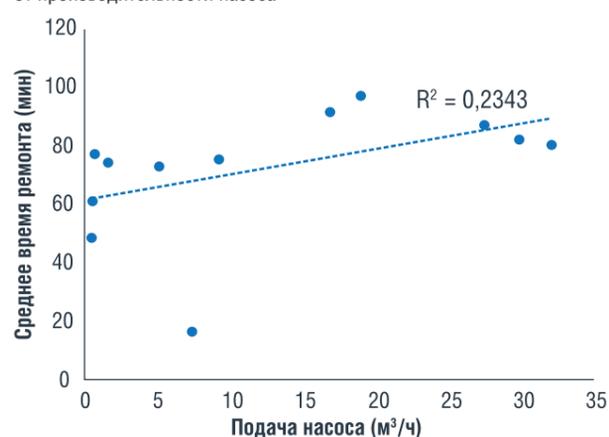
что ремонт насосного оборудования проводится по наработке на отказ и только в редких случаях по их фактическому состоянию (рис. 1).

РИС. 1. Зависимость количества ремонтов от мощности насоса (на 6 месяцев эксплуатации)



Кроме того, согласно рис. 2, производительность насоса практически не зависит от среднего времени, затрачиваемого на один ремонт.

РИС. 2. Зависимость среднего времени ремонта от производительности насоса



Косвенно можно сделать вывод, что одни и те же виды ремонтных работ не затрагиваются типами и производительностью, а следовательно, и размерами насосов. В целом система поддержки оператора при ремонте насоса с использованием функции ремонта шаблона может показать его эффективность (рис. 2).

Большинство компаний заинтересованы в менее дорогих насосах и меньших затратах на их техническое обслуживание в течение всего срока службы оборудования. Зачастую обслуживанием оборудования занимается сервисная компания поставщика, следовательно, появляются дополнительные цепочки расходов и увеличивается время на устранение неполадок, следовательно, добывающие компании заинтересованы в более эффективном ремонте с привлечением собственных инженеров.

Целью данного исследования является определение эффективности внедрения системы дополненной реальности в процесс обслуживания электроцентробежного насоса.

Обзор литературы

В исследовании [10] авторы рассматривают платформу управления фотоэлектрической насосной станцией с использованием системы дополненной реальности с блоком обработки изображений (ARIMA) в сервисном приложении оператора. Это технологическое решение помогает оператору в диагностике и управлении станцией. Эта поддержка включает в себя применение системы дополненной реальности, охватывающей все технологические узлы, а также спецификацию алгоритмов обслуживания с использованием различных режимов и сценариев. Оперативное управление и контроль станции достигается за счет мониторинга состояния технологических узлов в режиме реального времени, что делает рабочий процесс безопасным, бесперебойным и комфортным. К недостаткам данного решения можно отнести отсутствие адаптации пользовательского интерфейса под рассматриваемые задачи и громоздкость устройств управления и мониторинга.

В исследовании [11] авторы обращают внимание на развитие и интеграцию виртуальной и дополненной реальности в опасных производствах, повышение качества образования в образовательных учреждениях и учебных центрах. Ценность исследования заключается в подходе, который включает различные точки зрения на динамику развития систем VR / AR: технические и технологические особенности; мониторинг опасных ситуаций; совершенствование подходов к безопасности производственных процессов. Эти подходы отличаются от традиционных, они изменяются и улучшаются с внедрением систем VR / AR и развитием приложений сенсоров и диагностических систем для операционных сред, где технологические операции строго выполняются инженерами по определенным сценариям и алгоритмам [12]. Если сценарий не выполнялся по заданным алгоритмам, специалисты оценивали критические отклонения от номинальных значений и применяли более эргономичные и безопасные варианты контроля и управления оборудованием, снижающие влияние человеческого фактора. Авторы отмечают, что исследование не является всеобъемлющим и его применение ограничено только областью строительства, и дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на безопасном и грамотном управлении сложными технологическими объектами в других секторах. Также в исследовании не рассматриваются лабораторные исследования приложений на экспериментальном, техническом и эксплуатационном уровнях, а также методы воздействия и оценки применения систем VR / AR в различных проектах и сценариях работы.

В исследовании [13] авторы рассматривают применение систем VR / AR в цифровых двойниках для улучшения связи и взаимодействия физической и виртуальной реальности. Кроме того, рассмотренный подход позволяет повысить эффективность системы цифровых двойников на основе многостороннего сопоставления различий и сходства систем AR / VR в проектировании, производстве, обслуживании технологических объектов. На основе созданных решений VR и AR в цифровых двойниках предлагается структура для интеграции этих систем в пятимерный цифровой двойник, чтобы повысить способность операторов управлять большими объемами интерактивных данных и сценариями производства. Структура программы построена с учетом требований оператора. Предложенная авторами

концепция построения структур AR / VR в цифровых двойниках представлена в виде обзора литературы, как и предыдущие авторы, в исследовании отсутствуют собственные лабораторные и экспериментальные исследования, поэтому данный материал следует рассматривать как справочную информацию, он может быть использован для поиска решений в конкретной производственной сфере.

В работе [14–15] авторы рассматривают применение обучающего тренажера виртуальной реальности для моделирования работы, диагностики и ремонта технологического оборудования. Тренажер предназначен для обучения специалистов нефтегазового сектора с целью повышения безопасности и безупречности производства, снижения капитальных и эксплуатационных затрат на обучение за счет экономии на приобретении физических образцов оборудования для обучения персонала. Отмечены следующие недостатки физического исполнения оборудования: высокие риски; отказы оборудования из-за ошибок специалистов при подготовке; невозможность модернизации оборудования и вынужденная закупка более новых моделей и др. Авторы утверждают, что учебные тренажеры виртуальной реальности позволят специалистам иметь соответствующие образцы оборудования; выполнять манипуляции без риска для здоровья; сократить время обучения за счет автоматизации процесса работы с инструментами; применение различных сценариев развития навыков обучаемого и его мыслительных стратегий в нестандартных ситуациях. В исследовании не приводятся статистические данные по изучаемому объекту, мировой опыт применения подобных систем и результаты экспериментов плохо описаны, что затрудняет воспроизведение эксперимента и применение его результатов с целью улучшения представленных методик.

Методы и методологии исследований

Дополненная реальность (AR) накладывает виртуальные трехмерные (3D) объекты на реальный мир и попадает в область обучения и образования [16–17].

AR – набор инновационных методов (например, сбор данных в реальном времени, взаимодействие человека с компьютером, захват рабочей области, отслеживание и регистрация в реальном времени и т.д.), которые могут улучшить представление о физическом мире, встраивая элементы или объекты, созданные компьютером [18–19]. Целью данной технологии является поместить виртуальный мир на экран и взаимодействовать с ним в реальном мире [20].

С появлением дополненной реальности (AR) стала очевидной тенденция извлекать выгоду из иммерсивных приложений AR для создания благоприятных сред для визуализации сложных ситуаций на рабочем месте, накопления знаний в области предотвращения рисков и обучения. Технология AR может помочь в улучшении восприятия человеком виртуальных прототипов с реальными объектами. Это дает виртуальному миру улучшенную связь с реальным миром, сохраняя при этом гибкость виртуального мира [21]. С помощью AR реальная среда может быть дополнена текстом, этикетками, моделями и видео, что приведет к меньшему количеству ошибок, более высокой скорости и более высокому качеству процесса обслуживания.

Вместо простого взаимодействия с 3D-контентом в чисто компьютерной среде, пользователи теперь могут реализовать чрезвычайно захватывающий, целостный и реалистичный опыт, основанный на синтезированной цифровой и физической информации о мире, представленной с использованием более сложного программного и аппаратного обеспечения [22–23].

Использование технологий дополненной реальности на нефтяных объектах не так широко, и вот-вот начнется. Это связано с неопределенностью технических аспектов, связанных с использованием и обслуживанием систем, основанных на технологии дополненной реальности. В связи с вышесказанным в ближайшем будущем наиболее популярным решением в области дополненной реальности станет предоставление обслуживающему персоналу информации о работе технологических систем, конструкции оборудования и способах его обслуживания в случае неисправности. Если в сложившейся ситуации нет описанного решения, то есть возможность удаленно подключить к процессу специалиста, который сможет быстро изучить собранные данные, провести визуальный осмотр оборудования с помощью камеры в гарнитуре и дать подробные рекомендации для устранения неполадок. Специалист может дать свои рекомендации на экране, а человек на месте увидит на дисплее, оснащенный AR [24].

Ранее такая ситуация требовала вызова специалиста, изучения инструкций и нормативных документов, а также длительной переписки с техническими специалистами и производителями в случае нестандартной ситуации.

В работе исследуется эффективность технологии дополненной реальности при обслуживании электроцентробежных насосов. Согласно методике, использованной в исследовании, анализ эффективности проводится следующим образом:

1. Определение объекта исследования. Объект исследования должен обладать несколькими свойствами: он является частью технологического процесса, сервисные операции с объектом сложны, т.е. его обслуживание подразумевает сложный алгоритм, и, кроме того, объект должен иметь широкое применение на объектах нефтегазовой отрасли.
2. Разработка алгоритма обслуживания объекта. При разработке данного алгоритма обслуживания обязательными являются следующие манипуляции с объектом: монтаж / демонтаж из любой существующей технологической установки, замена деталей оборудования, оценка фактического состояния оборудования по параметрам процесса в режиме реального времени.
3. Тестирование компонентов системы. На этом этапе он проверяет работоспособность системы в целом, исправность каналов передачи данных, а также исправность отдельных модулей системы и исправность модулей во взаимосвязи друг с другом.
4. Определение эффективности системы. На данном этапе тест проводился с четырьмя группами людей: первая (№ 1) имела под рукой только инструкции по применению, вторая (№ 2) использовала только внутренние рекомендации системы, третья (№ 3) пользовалась только помощью эксперта, а четвертая (№ 4) использовала внутренние рекомендации и при необходимости связывалась с экспертом.

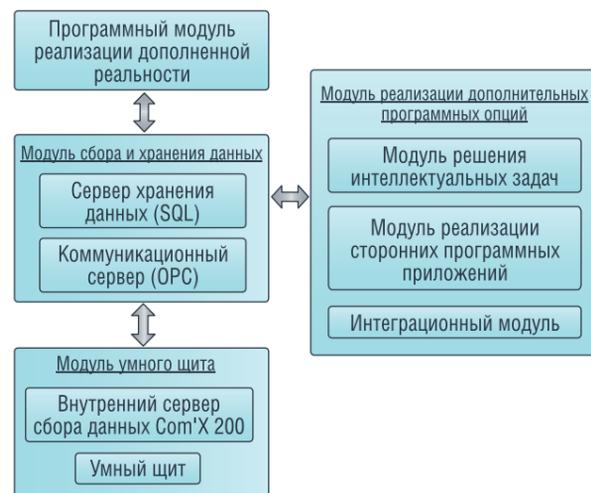
Во время эксперимента некоторые из наиболее важных функций и действий для каждой группы записывали время выполнения каждой операции. Функция 1 – разборка насоса, функция 2 – снятие кожуха муфты, функция 3 – снятие двух половинок сцепления, функция 4 – снятие штифта, функция 5 – демонтаж секции двигателя.

Таким образом, мы ожидаем получить численное выражение эффективности для каждого из этих четырех способов приложения дополненной реальности, фиксируя время выполнения каждой функции для каждой группы экспериментаторов. При этом метод № 1, который позволяет использовать для обслуживания только мануалы и интернет, не использует функционал системы дополненной реальности, поэтому приводится как эталон для сравнения услуг до внедрения системы и после ее внедрения. Метод № 4, где для обслуживания насосов используют только помощь специалиста, также является крайним вариантом, поскольку в этом методе система дополненной реальности обеспечивает возможность «единого окна» и «единой точки зрения» между сервисным инженером и экспертом.

Проведение научных исследований

Исследовательским коллективом Санкт-Петербургского горного университета была проведена работа по созданию AR-приложения для обслуживания вертикального электроцентробежного насоса Grundfos (CR15-4 A-FGJ-AE-HQQE) демонстрационной установки перекачки нефти (рис. 4). Лабораторный стенд состоит из двух резервуаров и насосов, перекачивающих жидкость из одного резервуара в другой, теплообменника, клапанов, датчиков и исполнительных механизмов.

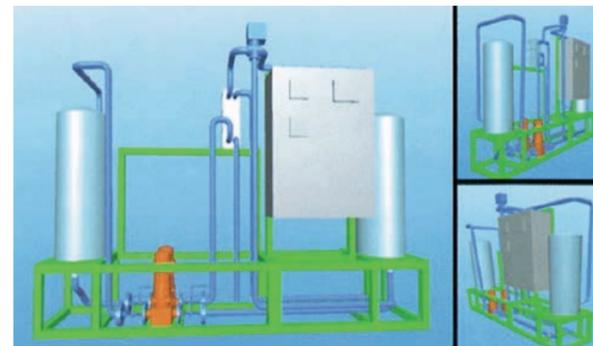
РИС. 3. Структура системы



Система состоит из четырех модулей (рис. 3). Первый – модуль лабораторной установки. Он состоит из элементов управления и оборудования, которые позволяют собирать, обрабатывать данные о технологических процессах и передавать их на более высокий уровень. Для реализации необходимо использовать базовые унифицированные протоколы для низкоуровневого оборудования [25]. Для интеграции в систему используются OPC-протоколы.

Второй модуль – сбор и хранение данных. Это важный модуль, он объединяет вместе разные модули. Например, модуль дополненной реальности может быть связан с контроллерами и SCADA-системой без элементов этого модуля. Третий модуль – дополнительное программное обеспечение. Его можно использовать для связывания программного обеспечения AR и различных аналитических модулей. Например, аналитический модуль может анализировать качество и прогнозировать объем обслуживания и т.д. Все аналитические функции основаны на вычислительной мощности высокого уровня. Таким образом, разделенная архитектура более гибкая, чем отдельная, и способна адаптироваться. AR-система использует не только данные технологической системы, она может использовать данные ERP-системы и другие данные. Другой пример аналитического модуля – шаблон шагов внутри системы. В каждом проекте реализовано множество типовых функций. Подобное действие можно создать по шаблону. Перед реализацией нового проекта система на первом этапе ищет шаблон действий. Если шаблон отсутствует, вы добавляете это действие как новое действие или меняете шаблон. Третий модуль помогает связать AR-модуль с другими модулями и системами. Четвертый модуль – это программное обеспечение системы AR. Его можно реализовать на разных программных платформах. В этом проекте используется Unity с Vuforia.

РИС. 4. Лабораторный стенд



Насос был разобран техническим специалистом, каждый этап отмечен и записан для дальнейшей отработки алгоритма. Затем снова собирали помпу с записью последовательности действий. По алгоритму сборки / разборки была написана процедура обслуживания насоса для различных технологических операций по замене расходных материалов или очистке отложений.

РИС. 5. Стартовое окно системы



На рис. 5 показана работа системы. С помощью разработанного приложения можно провести агрегат / разборку насоса, сборку / разборку, контролировать параметры установки, изучить документацию и заполнить отчет.

Если необходимо, отремонтировать насос или провести техобслуживание. Если обслуживание на месте невозможно, система сообщит вам, что нужно сделать, чтобы отключить насос от производственной линии (рис. 6).

РИС. 6. Извлечение насоса из лабораторной установки



Для контроля параметров процесса начальнику цеха (агрегата) или кому-либо другому не нужно вставать или звонить в операторскую. Все параметры датчиков можно увидеть в поле, даже если они не указаны в поле (рис. 7).

РИС. 7. Параметры процессов



При ремонте (обслуживании) оборудования нет необходимости использовать бумажные инструкции. Вся необходимая документация и инструкции оцифрованы и появляются поэтапно, предлагая не только действия, которые необходимо выполнить, но и необходимый для этого инструмент (рис. 8).

РИС. 8. Отвинтите два винта кожуха муфты



Затем снимаем кожух муфты, как показано на рисунке 9.

РИС. 9. Снятие кожуха муфты



На следующем этапе снимаем муфту в сборе, откручиваем по два винта с каждой стороны муфты. Снимите две половинки муфты, которая уже находится в разборном состоянии (рис. 10).

РИС. 10. Снятие двух половинок сцепления



Теперь открываем путь к штифту, который соединяет центральную и моторную части помпы. Демонтируем штифт (рис. 11).

РИС. 11. Удаление штифта



На этом этапе моторная секция, изображенная на рис. 12, не соединяется с другими частями помпы – вынимаем ее.

РИС. 12. Демонтаж моторной части



В системе реализовано несколько функций, основными из которых являются:

1. Визуализация действий пользователя (тестировалась в трех формах – в виде видеофайла, на 3D-модели команды, отображаемой поверх служебной части, в виде выделения (выделение светом и цветом на реальном объекте) деталей, требующих внимания обслуживающего персонала (например, выделить болты, которые нужно открутить, и нужный тип инструмента).
2. Отображение параметров процесса – параметры процесса в реальном времени и их значения в истории (в виде трендов или таблиц).
3. Отображение совета экспертов или подсказок бегущей строки.
4. Возможность видеосвязи с экспертом напрямую (организация единого смотрового окна для эксперта и сервисного инженера).
5. Возможность аудиосвязи со специалистом.
6. Информационный вывод сторонних приложений и программных модулей (аналитика, документирование служебной информации и др.).

Результаты исследований

1. Определен объект исследования. Это был вертикальный электроцентробежный насос Grundfos (CR15-4 A-FGJ-AE-HQQE). Электроцентробежные насосы очень популярны и получили широкое распространение в нефтяной промышленности. Итак, тестирование популярных специй насосов очень важно для этого исследования.
2. Разработан алгоритм обслуживания объекта.
3. Разработана и реализована система дополненной реальности.
4. Компоненты системы были протестированы.
5. Определена эффективность системы.

Тест проводился с четырьмя группами людей: первая (№ 1) имела под рукой только инструкции по применению, вторая (№ 2) использовала только внутренние рекомендации системы, третья (№ 3) использовала только помощь эксперта, а четвертая (№ 4) использовала внутренние рекомендации и при необходимости связывалась с экспертом. Во время эксперимента некоторые из наиболее важных функций и действий для каждой группы записывали время выполнения каждой операции. Функция 1 – разборка насоса, функция 2 – снятие кожуха муфты, функция 3 – снятие двух половинок сцепления, функция 4 – снятие штифта, функция 5 – демонтаж секции двигателя. Результаты тестирования системы представлены в таблице 1.

Обсуждение

Основная гипотеза работы состоит в том, что система дополненной реальности сокращает время на обслуживание нефтегазового оборудования. Для доказательства этой гипотезы мы выдвигаем ряд вспомогательных гипотез. Гипотеза 1: максимальное время на обслуживание системы потратит группа № 1 (группа, которая обслуживала насос только в соответствии с бумажными инструкциями).

ТАБЛИЦА 1. Результаты экспериментов

Группа Номер	№ 1, время, с	№ 2, время, с	№ 3, время, с	№ 4, время, с
Эксперимент 1				
1	178	140	194	131
2	96	37	120	40
3	180	124	170	154
4	94	35	110	25
5	80	80	70	75
Общее время	628	416	664	425
Эксперимент 2				
1	194	154	120	147
2	120	40	35	45
3	210	132	142	164
4	90	45	20	30
5	75	74	42	80
Общее время	689	445	359	466
Эксперимент 3				
1	210	135	190	175
2	95	55	110	40
3	196	120	170	165
4	87	40	80	35
5	98	62	65	73
Общее время	686	412	615	488
Эксперимент 4				
1	180	152	110	156
2	92	45	30	37
3	214	137	145	152
4	84	38	27	40
5	115	53	45	71
Общее время	685	425	357	456

Гипотеза 1 не подтвердилась в первом эксперименте. Выяснилось, что группа № 1, которая обслуживала насос только по бумажным инструкциям, обслуживала насос быстрее, чем группа, использовавшая только помощь специалиста (№ 3). Они потратили 628 и 664 секунды соответственно. Анализируя полученные результаты, выяснилось, что такой результат был вызван тем, что сначала испытуемые пытались разобраться в проблеме сами и только в случае неудачи прибегали к помощи эксперта. Поэтому в результате они тратили больше времени, чем все остальные. Гипотеза 1 была скорректирована, и была выдвинута гипотеза 2: максимальное время на обслуживание системы будет потрачено группой № 1, если группе № 3 (которая пользовалась только помощью экспертов) будет дана инструкция немедленно воспользоваться помощью экспертов. Гипотеза 2 подтвердилась. Во втором и четвертом эксперименте группа 3 выполнила задание быстрее,

чем все остальные. Однако при этом постоянно привлекался эксперт, что на самом деле не лучшее решение. Доказательством этого можно считать тот факт, что группа, использовавшая внутренние инструкции системы и помощь эксперта одновременно, вовлекала эксперта во все эксперименты только один раз. При этом время на выполнение задания ненамного больше, чем в группе, где использовалась только помощь экспертов. Другой гипотезой была гипотеза 3: группа, которая использовала внутренние рекомендации, и при необходимости связывалась с экспертом (№ 4), выполнит задачу быстрее, чем группа, которая использовала только системные рекомендации (№ 2). Эта гипотеза была опровергнута. Во всех экспериментах группа, использовавшая только внутренние рекомендации системы (№ 2), выполняла задачу быстрее, чем группа № 4. Это могло быть вызвано рядом причин: во-первых, люди в четвертой группе реагировали медленнее на подсказки системы в целом и, во-вторых, возможность связаться с экспертом расслабила участников, и они обратились к нему, даже когда в этом не было необходимости, и потратили больше времени на выполнение задания. Группа № 1 представляет собой имитацию работы сервисных инженеров без использования системы дополненной реальности. Во всех четырех экспериментах она показала худшие результаты по сравнению со средними результатами для других групп. Этот факт является подтверждением основной гипотезы – система дополненной реальности сокращает время на обслуживание электроцентробежных насосов.

Вывод

В эпоху развития информационных технологий все больше цифровых решений находят свое применение в промышленности, в частности в нефтегазовой отрасли. Одно из решений – технология дополненной реальности AR. Результаты показывают эффективность использования технологии дополненной реальности для обслуживания электроцентробежных насосов. При условии полного описания всех действий, которые необходимо выполнить при обслуживании, визуализация дает значительное сокращение времени, затрачиваемого на обслуживание одной единицы насосного оборудования. Подключение к экспертной справочной системе дает противоречивые результаты, если есть полная инструкция, экспертная помощь увеличивает время, необходимое для выполнения действий, но в чрезвычайных ситуациях, выходящих за рамки инструкций, экспертная помощь значительно увеличивает общую производительность системы.

В дальнейших исследованиях, по мнению авторов, необходимо доработать механизмы с привлечением специалиста по системе обслуживания насосов. Правильное распределение времени эксперта, разработка манипуляторов, способных удаленно выполнять определенные действия руками сервисного инженера, организация единого представления объекта – актуальные вопросы для дальнейших исследований. В дополнение к этому существуют другие актуальные термины для исследования будущего, например, интеграция с другими системами, позиционирование, маркеры, хранение и анализ даты и т.д. ●

Литература

1. Litvinenko V.S., «Digital economy as a factor in the technological development of the mineral sector», *Natural Resources Research*, Vol. 29, No. 3, (2020), 1521-1541. DOI: 10.1007/s11053-019-09568-4.
2. Cherepovitsyn A.E., Lipina S.A., Evseva O.O. «Innovative Approach to the Development of Mineral Raw Materials of the Arctic Zone of the Russian Federation», *Journal of Mining Institute*, Vol.232, (2018), 438-444. DOI:10.31897/PMI.2018.4.438.
3. Hongfang Lu, Lijun Guo, Mohammadamin Azimi, Kun Huang, «Oil and Gas 4.0 era: A systematic review and outlook», *Computers in Industry*, Volume 111 (2019) 68–90. DOI: doi.org/10.1016/j.compin.2019.06.00.
4. Necci, A., Tarantola, S., Vamanu, B., Krausmann, E. and Ponte, L., «Lessons learned from offshore oil and gas incidents in the arctic and other ice-prone seas», *Ocean Engineering*, Vol. 185, No., (2019), 12-26. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.05.021.
5. Nedosekin A.O., Rejshahrit E.I., Kozlovskij A.N., «Strategic Approach to Assessing Economic Sustainability Objects of Mineral Resources Sector of Russia», *Journal of Mining Institute*, Vol.237, No., (2019), 354-360. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.354.
6. Rob Montenegro, Nils Hoökby, «Optimizing operational efficiency in submersible pumps», *World pumps*, (2004). DOI: 10.1016/s0262-1762(04)00174-9.
7. Zhukovskiy Y. and Koteleva N. «Development of augmented reality system for servicing electromechanical equipment», *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1015, No., (2018), 042068. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042068.
8. Dvornikov, M.V., Nutskova, M.V. and Blinov, P.A., «Developments made in the field of drilling fluids by saint petersburg mining university», *International Journal of Engineering*, Vol. 33, No. 4, (2020), 702-711. DOI: 10.5829/IJE.2020.33.04A.22
9. M.E. Haque, M.R. Islam, M.S. Islam, H. Haniu, M.S. Akhter. «Life cycle cost and energy consumption behavior of submersible pumps using in the Barind area of Bangladesh», *Energy Procedia* 110 (2017) 479 – 485. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.172.
10. Benbelkacem S., Belhocine M., Bellarbi A., Zenati-Henda N. and Tadjine M., «Augmented reality for photovoltaic pumping systems maintenance tasks», *Renewable Energy*, Vol. 55, No., (2013), 428-437. DOI: 10.1016/j.renene.2012.12.043.
11. Xiao Li, Wen Yi, Hung-Lin Chi, Xiangyu Wang, Albert P.C. «A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety», *Automation in Construction* Vol. 86, (2018), 150-162. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003.
12. Herbert B., Ens B., Weerasinghe A., Billinghurst M. and Wigley G. «Design considerations for combining augmented reality with intelligent tutors», *Computers & Graphics*, Vol. 77, No., (2018), 166-182. DOI: 10.1016/j.cag.2018.09.017.
13. Index, in *Digital twin driven smart manufacturing*, F. Tao, M. Zhang, and A.Y.C. Nee, Editors. 2019, Academic Press.257-269 DOI: 10.1016/b978-0-12-817630-6.00026-6.
14. Garcia C.A., Naranjo J.E., Ortiz A. and Garcia M.V., «An approach of virtual reality environment for technicians training in upstream sector», *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 52, No. 9, (2019), 285-291. DOI:10.1016/j.ifacol.2019.08.222.
15. Necci A., Tarantola, S., Vamanu, B., Krausmann, E. and Ponte, L., «Lessons learned from offshore oil and gas incidents in the arctic and other ice-prone seas», *Ocean Engineering*, Vol. 185, No., (2019), 12-26. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2019.05.021.
16. Radu I. *Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis*. *Pers Ubiquitous Comput* 2014; 18(6):1533–43. DOI:10.1007/s00779-013-0747-y.
17. Azuma, R., Baillet, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. and MacIntyre, B., «Recent advances in augmented reality», *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 6, (2001), 34-47. DOI: 10.1109/38.963459.
18. Marinin M.A., Khokhlov S.V., Isheyskiy V.A., «Modeling of the Welding Process of Flat Sheet Parts by an Explosion», *Journal of Mining Institute*, Vol.237, No., (2019), 275-280. DOI: 10.31897/PMI.2019.3.20.
19. Jacobs, T., «Ar headsets give oil and gas sector the quicker fix», *Journal of Petroleum Technology*, Vol. 70, No. 07, (2018), 32-34. DOI: 10.2118/0718-0032-JPT.
20. X. Wang, S.K. Ong, A.Y.C. Nee, *A comprehensive survey of augmented reality assembly research*, *Adv. Manuf.* 4 (1) (2016) 122. DOI: 10.1007/s40436-015-0131-4.
21. Amelessodji Kokougan Etonam, Giulio Di Gravo, Patrick W. Kuloba, Jackson G. Njiri, «Augmented Reality (AR) Application in Manufacturing Encompassing Quality Control and Maintenance», *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 9 Issue-1, (2019), 197-204. DOI: 10.35940/ijeat.A1120.109119.
22. Tanita Fossli Brustad «Preliminary Studies on Transition Curve Geometry: Reality and Virtual Reality», *Emerging Science Journal*, Vol. 4, No. 1, (2020). DOI: https://doi.org/10.28991/esj-2020-01204.
23. Mehmet Özüağ, İsmail Cantürk, Lale Özyılmaz, «A New Perspective to Electrical Circuit Simulation with Augmented Reality», *International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications* Vol. 8, No. 1, (2019), 9-13. DOI: 10.18178/ijeetc.8.1.9-13.
24. Wei Zhang, Xianzhao Yang, Tao Wang, Xueyuan Peng, Xiaolin Wang, «Experimental Study of a Gas Engine-driven Heat Pump System for Space Heating and Cooling», *Civil Engineering Journal*, Vol. 5, No. 10, (2019), 2282-2295. DOI: 10.28991/cej-2019-03091411.
25. Sunitha, R. and Chandrikab, J., «Evolutionary computing assisted wireless sensor network mining for qos-centric and energy-efficient routing protocol», *International Journal of Engineering*, Vol. 33, No. 5, (2020), 791-797. DOI: 10.5829/IJE.2020.33.05B.10.

KEYWORDS: augmented reality, well workover, drilling equipment maintenance, digitalization, training, oil & gas.

Полная версия журнала
доступна по подписке