

1 – форпик, 2 - носовое насосное отделение, 3 – дилтанк, 4 – цистерны чистого балласта (в двойном дне и в двойных бортах), 5 – грузовые танки, 6 – цистерна сбора нефтеостатков, 7 – грузовое насосное отделение, 8 – МКО, 9 – актерпик, 11 – отстойные танки, 12 – дилтанки тяжелого топлива.

*Рис. Схема танкера*

Сами судна перевозят углеводороды как по морю, так и по рекам и озёрам, что в свою очередь обеспечивает транспортную связь не только между странами, но и между субъектами РФ. Одно из самых популярных речных направлений в России, а также одно из первых – река Волга (Каспийское направление). Популярность данного метода сложно переоценить, только на территории России находятся около 90 морских терминалов, самые крупные (пропускная способность 90-50 млн тонн в год) находятся в городах Приморске, Новороссийске, Тамани и Находке.

Как и любой другой вид транспортировки, водный метод имеет свои недостатки. Наиболее актуальные проблемы – это погодные и сезонные условия, зимой некоторые водоёмы замерзают, что делает невозможным дальнейшую перевозку. Но самым главным минусом является угроза экологии при аварии, в следствие чего загрязняются акватории рек и океанов в огромных размерах. Конечно же это случается довольно редко, но последствия обычно очень серьёзные.

В итоге можно понять, что водные перевозки нефти и нефтепродуктов являются одним из лучших способов транспортировки нефти, несмотря на незначительные недостатки по сравнению с преимуществами.

#### Литература

1. Бунчук В. А. Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. – 1977.
2. Мстиславская Л. П. Основы нефтегазового дела. – 2010.
3. Закожурников Ю. А. Транспортировка нефти, нефтепродуктов и газа. – 2010.

## ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА НА ОСНОВЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

**Овчаренко Д.М., Коротков Р.Н.**

Научный руководитель доцент О.В. Брусник

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Техническое обслуживание объектов нефтегазового комплекса является важнейшим мероприятием по поддержанию жизненного цикла оборудования и сокращению риска нарушения их целостности. Согласно приведенным данным [1], большинство аварий приходится на брак строительства/изготовления, конструктивные недостатки и износ оборудования. В связи с этим, возникает необходимость разработки эффективных решений по контролю и управлению за строительными и эксплуатационными процессами. Внедрение цифровых технологий на объектах транспортировки, хранения и переработки нефти и газа позволяет повысить безопасность при выполнении работ, предотвратить повреждения объектов при ремонтно-восстановительных работах, сократить затраты на техническое обслуживание, а также развить технологическую независимость в рамках четвертой промышленной революции «Индустрия 4.0». Такие технологии, как фотограмметрия, дополненная реальность (AR) и информационное моделирование зданий (BIM) обладают большим потенциалом для поддержки сооружения и эксплуатации объектов инфраструктуры.

Цель – разработать эффективное предложение по контролю и управлению производственными процессами с помощью цифрового двойника на основе дополненной реальности.

К негативным событиям во время эксплуатации относятся отклонение эксплуатационных характеристик, ведущих за собой аварии и потерю работоспособности. К «ранней» аварийности относятся нарушение целостности сразу после ввода в эксплуатацию в связи с некачественными монтажом, сборкой, несоответствием пусковым режимам эксплуатации, что требует контроля качества при строительстве. Для обеспечения безопасности на производственных объектах необходимо поддерживать работоспособное состояние на протяжении всего жизненного цикла. Мероприятия по сокращению риска нарушения целостности можно представить в общем виде (табл. 1).

На сегодняшний день известны успешные практики применения цифровых технологий в нефтегазовой промышленности для обеспечения «умного» контроля и безопасности. В рамках развития собственного научного потенциала ПАО «Газпром» планирует реализовать проект по созданию «цифровых двойников» для прогнозирования работы оборудования и поиска эффективных решений по контролю и управлению объектами трубопроводного

транспорта. В технологии производства цифровой двойник рассматривается как цифровое представление действующего объекта, которое включает в себя его выбранные характеристики, свойства, условия и поведение посредством моделей, информации и данных [2].

Среди поддерживающих технологий «Индустрии 4.0» можно выделить информационное моделирование зданий и сооружений, дополненную реальность, а также 3D-сканирование и фотограмметрию. BIM является подходом к проектированию, включает в себя визуализацию цифровых моделей и других связанных данных в режиме реального времени, наложенных на физический контекст производственного объекта. Выделим главные преимущества дополненной реальности над виртуальной [3]:

1. Возможность применения с цифровым моделированием в качестве цифрового двойника объекта;
2. Представление работы конкретных узлов и процессов;
3. Повышение безопасности труда на производстве;
4. Дистанционный контроль;
5. Применение в познавательных целях;
6. Облегчение в принятии решений.

Среди недостатков AR-технологии можно выделить: 1. необходимость корректировки точности в оцифровке объектов; 2. ограниченное время работы AR-оборудования; 3. высокая вычислительная мощность для запуска цифрового двойника.

Для обеспечения контроля по управлению производственными процессами и безопасностью на объектах посредством создания цифровых двойников требуется интеграция передовых технологий: датчики (GNSS), дополненная реальность (AR) и база геоданных 3D GIS [4]. В качестве программного обеспечения для создания BIM можно использовать доступные системы автоматизированного проектирования работ (САПР), такие как AutoCAD, Компас и др. для преобразования изображений и видео в облако точек SaaS Photogram. Главными преимуществами оборудования являются:

1. Удобный интерфейс и внятные команды для выполнения;
2. Возможность выделять различные узлы и элементы;
3. Подключение к сети Интернет не требуется.

AR-технологии могут служить для контроля за безопасностью при монтажных работах как предупреждающее устройство при приближении к трубопроводам и ускоряют выполнение работы вследствие известного местоположения объектов. При сооружении трубопровода после прокладочных работ, но до закрытия траншеи необходимо оцифровать ось прокладки, сделать фото и видео строительной площадки. Приложение Vim Holoview позволяет загружать параметрическую модель, полученную из BIM, в шлем Oculus, которая накладывается на поле зрения очков дополненной реальности, чтобы определять местоположения линий на строительной площадке. Таким образом, сотрудники будут получать соответствующие предупреждения с помощью очков AR, что уменьшит повреждение трубопроводов.



Рис. 1. Применение AR-технологий для контроля за безопасностью при земляных и монтажных работах

Рассмотрим возможность применения AR в качестве инструмента по мониторингу рабочего состояния оборудования на примере газоперекачивающего агрегата (ГПА). Для этого необходимо провести лазерное сканирование конкретных узлов и процессов, после чего создать BIM-модель с географической привязкой и в масштабе 1:1. Показателем энергоэффективности ГПА является коэффициент полезного действия (КПД), удельный расход топливного газа и электроэнергии [5]. Используя очки дополненной реальности, техническое обслуживание производится с помощью накладки цифрового двойника на реальный объект со справочной информацией по показателям эффективности работы, характеристикам работы отдельных элементов (мощность, частота вращения двигателя, степень сжатия, напряжение и др.).

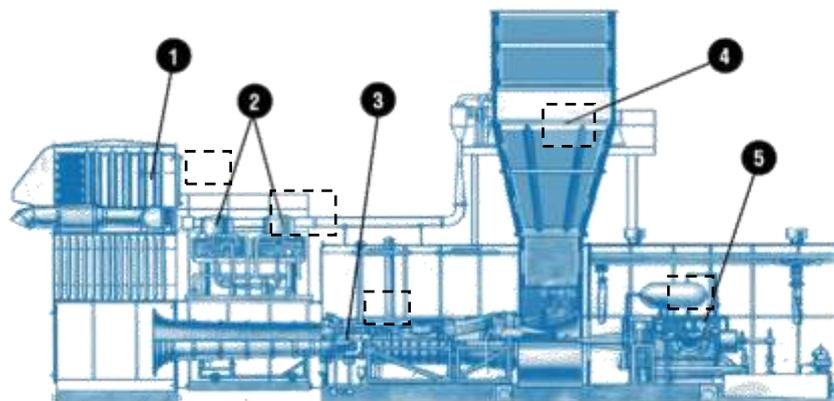


Рис. 2. Устройство ГПА: 1 – входное воздухоочистительное устройство; 2 – масляные радиаторы; 3 – авиационный привод; 4- выхлопное устройство; 5 – нагреватель газа

Таким образом, внедрение цифровых двойников на основе AR имеет широкое применение для повышения производственной безопасности, эффективности управления процессами, обслуживания объектов нефтегазового комплекса. Цифровизация делает данные по текущему состоянию рабочего оборудования всегда доступными, точными, а информация о выполнении или интервалах технического обслуживания всегда будет актуальной.

#### Литература

1. Гайсина Д.Р., Денисова Я.В. Анализ причин аварийных ситуаций на магистральных трубопроводах // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №14.
2. Ватолина О. В. Анализ и перспективы развития рынка информационных технологий // Ученые заметки ТОГУ. – 2018. – Т. 9, № 2. – С. 879-885. – EDN XVAESL.
3. Son H., Bosché F., Kim C. As-built data acquisition and its use in production monitoring and automated layout of civil infrastructure: A survey //Advanced Engineering Informatics. – 2015. – Т. 29. – №. 2. – С. 172-183.
4. LARA project, LBS Augmented Reality Assistive System for Utilities Infrastructure Management through Galileo and EGNOS (<https://www.lara-project.eu/>)
5. СТО Газпром 2-3.5-113-2007 Методика оценки энергоэффективности газотранспортных объектов и систем.

### ВЛИЯНИЕ ИНГИБИРУЮЩЕЙ ПРИСАДКИ НА ОСАДКООБРАЗОВАНИЕ ПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Перминова А.Н.<sup>1</sup>, Прозорова И.В.<sup>2</sup>

Научный руководитель доцент О.В. Брусник

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

В настоящее время увеличивается доля добываемых нефтей, имеющих высокое содержание парафиновых углеводородов (ПУ) и смолисто-асфальтеновых компонентов (САК). Добыча и транспортировка таких нефтей осложняется образованием на стенках трубопровода асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), за счет этого снижается пропускной диаметр трубопровода и увеличивается давление перекачки в трубопроводе, повышается износ перекачивающих насосов. Ремонтные работы занимают большое количество времени и несут за собой значительные экономические потери.

Механизм образования АСПО состоит из нескольких последовательных стадий, включающий в себя агрегации, адсорбцию, коагуляцию и мицеллообразование парафиновых углеводородов. С понижением температуры растворяющая способность нефти падает, парафиновые углеводороды образуют макрокристаллы на поверхности нефтяного оборудования. В результате образуется первичный слой осадка, а затем адгезия ПУ осуществляется на поверхности уже сформированного слоя. Кристаллизация и выделение парафинов на поверхности трубопровода происходит благодаря броуновскому движению.

Стоит так же отметить, что сопутствующая вода, может препятствовать эффективности процесса нефтедобычи. Совместное движение воды и нефти при высоких скоростях потока приводит к образованию стойких водонефтяных эмульсий. При создании обратных нефтяных эмульсий увеличивается поверхность раздела фаз нефть-вода, приводящая к созданию бронирующих оболочек из САВ и ПУ [1]. Однако с ростом обводненности происходит увеличение скорости осадкообразования [2].

В современных реалиях самым эффективным способом предотвращения образования осадка в нефти является добавление присадок, ингибирующих процесс образования парафиновых отложений в нефтяных системах.