

УДК 66.021.2.3.048

EDN [AHULAK](#)



## Анализ вектора развития цифровизации предприятий нефтегазового комплекса и его влияния на экологию

Э.И. Мустеева, И.Ю. Егошин, Э.В. Гарифуллина\*, Т.В. Игнашина

Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Россия

\*E-mail: [garifullinaev@fnnh.ru](mailto:garifullinaev@fnnh.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются экологические проблемы в нефтегазовой отрасли и возможный путь цифровизации. Проведен анализ развития технологий в промышленной сфере, рассмотрены различные этапы развития с зарождения фабрик до наших дней. Приводится сравнение современной ситуации на предприятиях и его модернизации в рамках перехода к Индустрии 4.0. Благодаря данному переходу предприятия получают ряд преимуществ. Делается вывод о том, что переход к цифровым двойникам — один из наиболее вероятных решений экологических проблем.

**Ключевые слова:** нефтегазовая отрасль, Индустрия 4.0, цифровые двойники, экологические проблемы.

## Analysis of the development vector of digitalization of oil and gas enterprises and its impact on the environment

E.I. Musteeva, I.U. Egoshin, E.V. Garifullina\*, T.V. Ignashina

Kazan national research technological university, Karl Marx str., 68, Kazan, 420015,  
Russian Federation

\*E-mail: [garifullinaev@fnnh.ru](mailto:garifullinaev@fnnh.ru)

**Abstract.** The article discusses environmental problems in the oil and gas industry and a possible way of digitalization. The analysis of the development of technologies in the industrial sphere is carried out, various stages of development from the origin of factories to the present day are considered. The comparison of the current situation at enterprises and its modernization in the framework of the transition to Industry 4.0 is given. Thanks to this transition, enterprises receive a number of advantages. It is concluded that the transition to digital twins is one of the most likely solutions to environmental problems.

**Keywords:** oil and gas industry, Industry 4.0, digital doubles, environmental problems.

## 1. Введение

Развитие технологий в современных реалиях невозможно без комплексного подхода ко всем аспектам жизненного цикла предприятий. «Устойчивое развитие» и «экологическая эффективность» стали объектами все более активного обсуждения в 1990-х годах. Эти концепции были определены и используются по сей день в различных контекстах. Подразумевается, что это два иерархических уровня (макро- и микроэкономический) одной и той же проблемы: опасения по поводу чрезмерного использования и истощения природных ресурсов [1-3].

В различные этапы развития промышленности существовали проблемы, связанные с экологией, но по мере улучшения производства уменьшались масштабы тех или иных проблем. Первая промышленная революция подразумевала использование пара и воды для механизации производства. Вторая промышленная революция – электричество позволило осуществлять массовое производство с помощью сборочных линий. Третья промышленная революция – ИТ и компьютерные технологии используются для автоматизации процессов. Четвертая промышленная революция (Индустрия 4.0) – повышение автоматизации. По сути, проводилось последовательное увеличение автоматизации, и окончательная разработка (которая все еще продолжается) выводит эту автоматизацию на совершенно новый уровень за счет использования Big Data. Таким образом, человечество прошло путь от грубого сжигания угля до грамотного использования доступных источников энергии и ресурсов.

## 2. Материалы и методы

Современный этап развития промышленного комплекса соответствует Индустрии 3.0. В Индустрии 3.0 процессы автоматизируются с помощью логических процессоров и информационных технологий. Эти процессы часто происходят в основном без вмешательства человека, но за ними все же стоит человеческий аспект. В Индустрии 4.0 с помощью датчиков можно собирать множество данных и использовать их для принятия решений о ремонте и техническом обслуживании [4-9]. Своевременная забота об оборудовании помогает избежать серьезных аварий, каждая из которых является губительной для окружающей среды. Системы прогнозного обслуживания даже начинают внедрять машинное обучение, чтобы определить, когда выход из строя актива может стать неизбежным, и предписать превентивные меры.

Это не значит, что данные не использовали раньше — данные собирали десятилетиями. Разница лишь в огромном объеме доступных данных и новых методах их обработки. Индустрия 4.0 известна как эпоха цифровизации/оцифровки, когда отрасли преобразуются с помощью интеллектуальных машин/активов, датчиков и интеллектуальных процессов сбора данных. «Интернет вещей» ведет всю эту эпоху вместе с другими технологиями, такими как искусственный интеллект, большие данные, облачные вычисления. Это улучшает автоматизацию, возможности подключения и обеспечивает более высокую производительность, качество, эффективность и безопасность.

Инструментом для всего вышесказанного являются цифровые двойники. «Цифровой двойник» — это виртуальная модель изделия, процесса или целого предприятия. Она анализирует данные, поступающие из информационных систем компании, выявляет проблемные точки и помогает создать оптимальный вариант. Росстандарт принял ГОСТ, устанавливающий требования к «цифровым двойникам» осенью 2021 года [1]. Предпосылкой к данному стандарту были события на Чернобыльской АЭС.

Хотя базовая цифровизация, такая как подключение всего оборудования, помогает выполнять такие задачи, как профилактическое обслуживание, по-настоящему большая разница возникает, когда данные из цеха объединяются с технологиями моделирования для создания цифровых двойников заводов.

### 3. Результаты

Компании, находящиеся в первых рядах цифровизации, получают преимущества по всей производственной цепочке: увеличивают производственные мощности и сокращают материальные потери, улучшают обслуживание клиентов и сокращают сроки доставки, добиваются более высокой удовлетворенности сотрудников и снижают воздействие на окружающую среду, которое стало возможным благодаря снижению выбросов и отходов, а также более эффективному потреблению энергии, воды и сырья.

Нефтяная промышленность остается одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Цифровое моделирование может найти решение различных проблем, таких как сокращение потребления воды, повышение нефтеотдачи пластов, уменьшение сброса сточных вод, утилизация отходов, снижения выбросов в атмосферу,

эффективное использование ресурсов, оптимизация процессов, исследование потенциальных месторождений, прогнозирование жизненного цикла скважин, предотвращение аварийных ситуаций.

#### 4. Заключение

Нефтяная промышленность является крупнейшей частью мировой экономики, на ее долю приходится более 40% общего энергопотребления. Однако эта отрасль связана с различными аспектами, опасными для человечества в долгосрочной перспективе, такими как проблемы устойчивости, экологии и ограниченности запасов углеводородов на планете. Возможным решением может стать переход к Индустрии 4.0, предпосылки к которой существуют уже сейчас.

#### Список литературы

1. Цифровизация нефтегазового сектора в России и мире: краткий обзор. <https://habr.com/ru/companies/onlinepatent/articles/742636/>
2. Линник Ю.Н., Кирюхин М.А. Цифровые технологии в нефтегазовом комплексе // Вестник университета. – 2019. – № 7. – С. 37-39.
3. Этапы цифровой трансформации университета / Э.В. Гарифуллина, И.В. Красина, В.В. Бронская, А.А. Азанова, М.Р. Гараева // Управление устойчивым развитием. – 2022. – № 1(38). – С. 67-72.
4. Абукова Л.А., Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Цифровая модернизация нефтегазового комплекса России // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 10. – С. 54-58.
5. Технологические установки первичной переработки. Анализ возникающих проблем <https://magazine.neftgaz.ru/articles/oborudovanie/545771-tekhnologicheskie-ustanovki-pervichnoy-pererabotki-analiz-voznikayushchikh-problem-/>
6. Расчетные методы прогнозирования содержания светлых фракций в нефтях / Л.Р. Султанова, Р.Н. Костромин, В.В. Бронская, О.С. Харитонова, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 6. – С. 105-109.
7. Экспериментальное исследование физической абсорбции газов с различной растворимостью / Р.Г. Галимуллин, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина,

- Э.В. Гарифуллина, М.И. Кондратьева, О.С. Харитоновна // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 8. – С. 14-19.
8. Кинетика абсорбции малых концентраций газов из газоздушных смесей / Р.Г. Галимуллин, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 11-17.
9. VR-технологии в преподавании дисциплин технологического профиля / Р.Р. Габдрахманов, Э.В. Гарифуллина, А.А. Фирсин, А.В. Давыдов, В.В. Бронская // Информационно-вычислительные технологии и их приложения : Сборник статей XXVII Международной научно-технической конференции, Пенза, 24–25 августа 2023 года / Под научной редакцией В.В. Кузиной. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – 77-79 с.