

Научная статья

УДК 338.24

DOI: <https://doi.org/10.48554/SDEE.2025.3.2>

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ: ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ ЧЕРЕЗ СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Марина Малашенко^{id}, Евгений Середин^{id}, Екатерина Терешко*^{id}

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация, malashenko.marina.r@yandex.ru, seredin.evgeny2010@yandex.ru, ektereshko@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку: ektereshko@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается проблема цифровизации проектирования нефтегазовых месторождений, целью которой является разработка стратегической карты для управления процессом цифровой трансформации на стадии проектирования месторождений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности и интеграции новых технологий в условиях растущей технологической сложности. Объектом исследования является процесс проектирования нефтегазовых месторождений, а методология включает анализ современных проблем цифровой трансформации и изучение внедряемых технологий, таких как: BIM, цифровые двойники, облачные платформы для совместной работы, искусственный интеллект, машинное обучение, AR/VR, большие данные. В результате анализа выявлены ключевые проблемы и направления цифровизации, а также разработана структура стратегической карты цифровой трансформации субъектов экономической деятельности при разработке нефтегазового месторождения (процесс проектирования), которая связывает цифровые инициативы с целями компании (экономического субъекта). Для стратегической карты определены целевые ориентиры, подцели в целевых ориентирах и индикаторы контроля. В заключении подчеркивается, что применение стратегической карты позволит объединить разрозненные инициативы, повысить управляемость трансформацией и создать устойчивую инфраструктуру для проектирования нефтегазовых объектов, что имеет важное значение для конкурентоспособности компаний в отрасли.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, проектирование, нефтегазовая отрасль, нефтегазовое месторождение, стратегический подход, стратегическая карта.

Цитирование: Малашенко, М., Середин, Е., Терешко, Е., 2025. Цифровизация проектирования в нефтегазовой отрасли: вызовы и решения через стратегический подход. Sustainable Development and Engineering Economics. 3, 2. <https://doi.org/10.48554/SDEE.2025.3.2>

Эта работа распространяется под лицензией [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

© Малашенко М., Середин Е., Терешко Е. 2025. Издатель: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Research Article

DOI: <https://doi.org/10.48554/SDEE.2025.3.2>

ANALYSIS OF MARKET RISKS IN THE DEVELOPMENT OF AN AIRLINE'S RISK MANAGEMENT SYSTEM

Marina Malashenko^{id}, Evgeny Seredin^{id}, Ekaterina Tereshko*^{id}

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation, malashenko.marina.r@yandex.ru, seredin.evgeny2010@yandex.ru, ektereshko@mail.ru

*Corresponding author: ektereshko@mail.ru

Abstract

The article discusses the problem of digitalization of oil and gas field design, the purpose of which is to develop a strategic map for managing the process of digital transformation at the stage of field design. The relevance of the research is determined by the need to increase the efficiency and integration of new technologies in the context of increasing technological complexity. The object of the research is the process of designing oil and gas fields, and the methodology includes the analysis of modern problems of digital transformation and the study of implemented technologies such as BIM, digital twins, cloud platforms for collaboration, artificial intelligence, machine learning, AR/VR, Big Data. As a result of the analysis, key problems and directions of digitalization were identified, and the structure of the strategic map of the digital transformation of economic entities in the development of an oil and gas field (design process) was developed, which links digital initiatives with the goals of the company (economic entity). Targets, sub-targets in targets, and control indicators are defined for the strategic map. In conclusion, it is emphasized that the application of the strategic map will make it possible to combine disparate initiatives, increase the manageability of transformation and create a sustainable infrastructure for the design of oil and gas facilities, which is important for the competitiveness of companies in the industry.

Keywords: digitalization, digital technologies, design, oil and gas industry, oil and gas field, strategic approach, strategic map.

Citation: Malashenko, M., Seredin, E., Tereshko, E., 2025. Digitalization of design in the oil and gas industry: challenges and solutions through a strategic approach. *Sustainable Development and Engineering Economics* 3, 2. <https://doi.org/10.48554/SDEE.2025.3.2>

This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

© Malashenko M., Seredin E., Tereshko E. 2025. Published by Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

1. Введение

При строительстве нефтегазовых месторождений проектирование является ключевой стадией жизненного цикла месторождения. Качество выполнения работы на данном этапе влияет на технические, экономические и экологические показатели при дальнейшей эксплуатации. Именно при проектировании закладываются принципы организации производственной инфраструктуры, определяются принципы управления ресурсами, а также изучаются пути взаимодействия с окружающей средой. В условиях роста технологической сложности и необходимости повышения эффективности традиционные подходы к проектированию все чаще дополняются или заменяются цифровыми решениями.

Объектом данного исследования является процесс проектирования нефтегазовых месторождений, рассматриваемый в контексте цифровой трансформации.

В последнее время во всех секторах экономики, в том числе и в нефтегазовом секторе, процесс цифровизации и цифровой трансформации стал одним из приоритетов стратегического развития (Tikhonov and Stepanenko, 2021). Самыми популярными технологиями, внедряемыми компаниями, являются цифровые двойники (Digital Twins), интегрированные платформы, системы управления инженерными данными, искусственный интеллект и т.п. (Kovari, 2025). Тем не менее в области проектирования нефтегазового месторождения цифровая трансформация происходит несистемно и реализуется через отдельные инициативы. Это снижает эффект от внедрения современных цифровых технологий и замедляет процесс цифровизации отрасли (Sergeeva et al., 2018). На этом фоне разработка целостного управленческого подхода, который поможет создать комплексную стратегию цифрового развития проектирования нефтегазового месторождения, является крайне актуальной задачей. На ее основе можно сформулировать следующую *научную проблему*: на сегодняшний день отсутствует инструмент стратегического управления процессом цифровой трансформации, применяемый на стадии проектирования нефтегазовых месторождений.

Для решения данной проблемы, в рамках текущего исследования, предлагается использовать стратегическую карту как инструмент, способный объединить разрозненные цифровые инициативы в единую систему, связать их с целями компании (субъектом экономической деятельности) и обеспечить управляемость трансформацией. Стратегическая карта позволит наглядно отразить взаимосвязи между целями, задачами и цифровыми проектами, задать траекторию изменений и создать основу для мониторинга прогресса.

Таким образом, в качестве *предмета исследования* можно выделить цифровизацию процесса проектирования нефтегазового месторождения.

Цель исследования – разработка методики проектирования нефтегазового месторождения после цифровой трансформации стадии проектирования нефтегазовых месторождений для компаний (субъектов экономической деятельности). Реализация поставленной цели требует решения следующих *задач*:

1. выявить современные проблемы и направления цифровой трансформации в нефтегазовой отрасли;
2. проанализировать цифровые технологии, наиболее значимые для повышения эффективности проектирования;
3. разработать структуру стратегической карты, отражающую специфику проектирования нефтегазовых объектов;

4. наполнить стратегическую карту в соответствии с компонентами и разработать целевые индикаторы;

5. сформулировать рекомендации по практическому применению стратегической карты в процессе проектирования нефтегазового месторождения и разработать методику проектирования нефтегазового месторождения после цифровой трансформации.

Таким образом, в центре внимания исследования находится создание практико-ориентированного инструмента, способного создать стратегию цифровой трансформации этапа проектирования нефтегазового месторождения.

2. Обзор литературы

В мировой литературе описывается, что цифровая трансформация главным образом происходит на этапе эксплуатации месторождения, а именно в процессе добычи углеводородов, тогда как проектированию уделяется меньше внимания (Meza et al., 2024; Bhandari et al., 2024). Наиболее ярко это видно при рассмотрении цифровых двойников. Создаваемая цифровая модель месторождения позволяет повысить эффективность его эксплуатации, что включает в себя прогнозирование отказов, управление активами и оптимизацию процесса обслуживания (Yun et al., 2024). Это говорит о том, что акцент в использовании цифровых двойников делается на практическое применение, но практически не затрагивает использование цифровых решений на этапе проектирования.

Значительная часть исследований также посвящена использованию Интернета вещей (Internet of Things) и аналитике – датчики позволяют в реальном времени мониторить состояние оборудования и при необходимости принимать оперативные решения по оптимизации работы оборудования. Анализ статистики позволяет принимать управленческие решения, направленные на изменение режимов работы оборудования с целью повышения ее эффективности. Как и в случае с цифровым двойником, данные технологии используются и развиваются при эксплуатации месторождения (Liang et al., 2023; Beketov et al., 2024).

Помимо цифровых двойников и Интернета вещей, в мировой литературе отмечается широкий спектр других решений, которые активно внедряются в нефтегазовой отрасли. Особое место среди них занимают технологии анализа больших данных (Big Data), позволяющие объединять разрозненные массивы геологической, геофизической, производственной и финансовой информации (Mohammadpoor et al., 2020). Их использование существенно снижает уровень неопределенности при планировании и принятии управленческих решений, а также делает возможным построение более точных прогнозных моделей. Исследователи подчеркивают, что сочетание больших данных с алгоритмами машинного обучения открывает новые горизонты в понимании закономерностей поведения залежей, моделировании сложных процессов добычи и переработки, а также в создании систем предиктивной аналитики (Egbunokei et al., 2024). Однако практические примеры применения этих решений по-прежнему сосредоточены в сфере эксплуатации, тогда как вопросы их интеграции в проектные этапы остаются в значительной мере вне поля зрения научных работ (Patel et al., 2020).

Другим активно развивающимся направлением становятся облачные сервисы и платформенные решения. Они позволяют компаниям отказаться от масштабных инвестиций в собственную инфраструктуру и использовать распределенные вычислительные мощности и специализированные программные продукты для интеграции данных и ускоренной обработки информации (Stumpp et al., 2024), создавая условия для большей гибкости и оперативности

управления проектами. Наряду с этим набирают популярность технологии дополненной и виртуальной реальности: применяются для подготовки персонала, визуализации геологических моделей, удаленных инспекций и повышения безопасности работ (Junior et al., 2022; Mota et al., 2025). Несмотря на очевидные преимущества, их использование в контексте стратегического планирования носит эпизодический характер, что подчеркивает недостаточную проработку этой области в научных публикациях.

Говоря про стратегическое планирование цифровой трансформации, стоит упомянуть стратегические подходы самих компаний (Fernandez-Vidal. et al., 2022). В их основе лежат такие элементы, как создание корпоративных центров цифровых компетенций, переход к единой цифровой платформе управления активами, стандартизация процессов сбора и обработки данных и развитие концепции «умных месторождений». В литературе неоднократно отмечается, что цифровизация воспринимается компаниями не только как способ повышения производственной эффективности, но и как важный инструмент достижения экологических и социальных целей – от сокращения углеродного следа до оптимизации энергопотребления (Hanson et al., 2023).

Примеры стратегических программ крупнейших корпораций подтверждают этот тренд. Так, Shell реализует инициативу Smart Fields, в рамках которой создаются «виртуальные месторождения», позволяющие моделировать сценарии добычи и оперативно корректировать параметры работы оборудования. Однако акцент в этой программе смещен в сторону эксплуатации, тогда как проектный этап остается второстепенным¹. BP развивает стратегию цифровых двойников, предусматривающую создание цифровых копий не только отдельных установок, но и целых комплексов. Цифровые модели интегрируются с системами предиктивной аналитики и сенсорными данными, что повышает надежность оборудования и снижает риски простоев. При этом цифровая трансформация у BP в большей степени рассматривается как средство оптимизации текущих процессов, а не как инструмент совершенствования проектирования². Equinor в своей программе Omnia делает ставку на объединение геофизических данных, производственных показателей и экономических метрик в единой системе. При помощи облачных технологий и методов машинного обучения компания совершенствует процессы бурения и добычи, а также реализует инициативы по сокращению углеродного следа. Тем не менее даже столь продвинутая стратегия в большей мере нацелена на интеграцию данных и оперативное управление³. Saudi Aramco также продвигает концепцию Smart Fields, внедряя большие данные для прогнозирования объемов добычи, дополненную и виртуальную реальность (Augmented Reality / Virtual Reality, AR/VR) для обучения персонала и цифровые платформы для удаленного управления активами. В стратегическом плане

¹ McArdle, Sh., 2021. Unlocking the hidden value of data with a unified digital twin. Available at: <https://www.worldoil.com/magazine/2021/may-2021/features/unlocking-the-hidden-value-of-data-with-a-unified-digital-twin/> (accessed 17.02.2025); Davis, D., 2023. How Shell is Evolving its Digital Twin to Drive Business Value. Available at: <https://www.oilandgasiq.com/data-analytics/articles/how-shell-is-evolving-its-digital-twin-for-bigger-business-value> (accessed 17.02.2025).

² Oil & Gas IQ Editor, 2022. How BP and Chevron Use Digital Twins to Optimize Assets. Available at: <https://www.oilandgasiq.com/digital-transformation/articles/how-bp-and-chevron-use-digital-twins-to-optimize-assets> (accessed 17.02.2025).

³ GlobalData, 2024. Equinor ASA – Digital Transformation Strategies. Available at: <https://www.globaldata.com/store/report/equinor-asa-enterprise-tech-analysis/> (accessed 17.02.2025).

компания рассматривает цифровизацию как важнейший фактор устойчивого развития, связывая ее с задачами повышения энергоэффективности и экологической безопасности⁴.

Таким образом, сопоставление различных источников и практических кейсов показывает, что даже у крупнейших корпораций цифровизация преимущественно ассоциируется с эксплуатационной фазой. В то же время проектирование, от качества которого зависит эффективность всего последующего жизненного цикла месторождения, получает значительно меньше внимания. Этот пробел в существующих подходах подчеркивает научную и практическую актуальность исследования, в рамках которого цифровая трансформация рассматривается не только как инструмент повышения эффективности текущих процессов, но и как средство формирования более надежных и экономически обоснованных проектных решений. Помимо этого, рассмотренные примеры применения технологий или создания стратегий касаются отдельных компаний или производственных корпораций, тогда как только комплексное развитие отрасли позволит совершить процесс цифровой трансформации наиболее эффективным образом, что подчеркивает актуальность исследуемой темы.

3. Материалы и методы

Исследование проводилось в несколько этапов в соответствии с определенными задачами исследования.

Первый этап посвящен изучению проблем и направлений цифровой трансформации в нефтегазовом секторе на стадии проектирования. Для этого проводился качественный анализ открытых источников, включая отчеты нефтегазовых компаний, публикации в профильных изданиях и стратегические документы, касающиеся цифровизации. Такой подход позволил не только зафиксировать наличие цифровых инициатив, но и выявить ключевые затруднения: фрагментарность процессов, слабую интеграцию решений и недостаток стратегической координации именно на проектной стадии.

На втором этапе был проведен анализ применяемых цифровых технологий, с акцентом на те, которые могут быть использованы при проектировании. Для этого была сформирована сводная таблица цифровых решений, где рассматривались их функции, уровень внедрения в отрасли и потенциальное влияние на эффективность.

Третий этап включал в себя разработку логики и создание структуры стратегической карты, адаптированной не только под региональное развитие, но и учитывающее задачу повышения уровня цифровизации стадии проектирования.

Четвертый этап включал в себя наполнение стратегической карты и ее компонентов ключевыми целевыми ориентирами, а также разработку целевых индикаторов, которые в количественном выражении смогут показывать степень достижения того или иного ориентира в данный момент времени.

Завершающий этап исследования был направлен на подготовку практических рекомендаций и разработку методики проектирования нефтегазового месторождения после цифровой трансформации. Использовался сценарный подход – рассматривались несколько возможных моделей внедрения стратегической карты в практику компаний с разным уровнем цифровой

⁴ Derrick, M., 2024. How SLB & Aramco Drive Digital Solutions for Sustainability. <https://energydigital.com/sustainability/how-slb-aramco-drive-digital-solutions-for-sustainability> (accessed 17.02.2025).

зрелости. Это позволило предложить гибкую структуру, которую можно адаптировать под реальные условия.

4. Результаты

Современная нефтегазовая отрасль находится на этапе интенсивной цифровой трансформации, которая постепенно перестает ограничиваться лишь эксплуатацией объектов и выходит на стратегический уровень управления жизненным циклом месторождений. Цифровизация становится необходимостью не только для повышения производственной эффективности, но и для обеспечения устойчивого развития, экологической безопасности и снижения операционных рисков. В то же время процесс внедрения цифровых решений сопровождается целым рядом вызовов, характерных для отрасли (Haouel et al., 2024).

Одной из ключевых проблем является высокая капиталоемкость цифровых проектов. Внедрение технологий искусственного интеллекта, машинного обучения, предиктивной аналитики, облачных платформ и цифровых двойников требует значительных инвестиций не только в программное обеспечение, но и в сенсорные системы, вычислительную инфраструктуру и интеграцию с существующим оборудованием. Для многих компаний, особенно работающих в условиях волатильности мировых цен на углеводороды, вопрос окупаемости таких проектов остается открытым (Wanasinghe et al., 2020).

Сложности создает также интеграция цифровых решений с устаревшими производственными системами. Большинство объектов отрасли были построены десятилетия назад и часто не рассчитаны на подключение современных датчиков Интернета вещей, облачных платформ или высокопроизводительных вычислительных систем. В результате компании сталкиваются с необходимостью разработки индивидуальных интеграционных решений, что повышает как временные, так и финансовые издержки (Mohammed et al., 2022).

Не менее значимой является кадровая проблема. Эффективное использование цифровых технологий требует специалистов с компетенциями в инженерии, анализе данных, программировании, кибербезопасности и управлении проектами. Однако на рынке труда наблюдается нехватка профессионалов с таким комплексным набором навыков, что замедляет процесс внедрения инноваций.

Параллельно с этим сохраняется высокий уровень технологической и организационной неопределенности. Компании вынуждены адаптироваться к постоянным изменениям рыночной конъюнктуры, законодательных требований и экологических стандартов. Это требует гибких цифровых платформ, способных интегрировать разнородные данные – от геологических и геофизических исследований до показателей эксплуатации и финансовой аналитики – и предоставлять аналитические инструменты для принятия управленческих решений в реальном времени.

На фоне этих проблем можно выделить основные направления цифровой трансформации. К ним можно отнести:

1. цифровые двойники и виртуальные месторождения, позволяющие моделировать работу объектов в различных сценариях, прогнозировать отказ оборудования и оптимизировать процессы добычи и переработки;

2. применение больших данных и машинного обучения, интеграцию геологоразведочных, производственных и экономических данных для построения предиктивных моделей и сокращения неопределенности при принятии решений;

3. облачные и платформенные решения, обеспечивающие масштабируемость вычислительных мощностей, интеграцию разнородных источников информации и оперативное управление проектами на удаленных объектах;

4. AR/VR и инструменты визуализации, используемые для подготовки персонала, удаленных инспекций, моделирования технологических процессов и повышения безопасности работ;

5. экологическую цифровизацию, направленную на мониторинг углеродного следа, оптимизацию энергопотребления и снижение экологических рисков через интеграцию цифровых инструментов в процессы планирования и эксплуатации.

Таким образом, современная цифровая трансформация в нефтегазовой отрасли формирует комплексный подход, который сочетает технологии, организационные изменения и стратегическое планирование. Основная цель – создать цифровую экосистему, способную управлять всеми стадиями жизненного цикла месторождения, от проектирования до вывода из эксплуатации, минимизируя риски и повышая эффективность (Beketov et al., 2024). При этом наибольшие трудности остаются связаны с интеграцией устаревших систем, высокими затратами, кадровым дефицитом и необходимостью обеспечения кибербезопасности. Преодоление этих барьеров определяет будущее отрасли и задает вектор развития корпоративной стратегии цифровизации.

Несмотря на наличие барьеров, современное проектирование в нефтегазовой отрасли все же переживает изменения под воздействием развития цифровых технологий.

Традиционные методы, основанные на последовательной обработке геологических и инженерных данных, постепенно уступают место интегрированным цифровым платформам, которые позволяют объединять разнородные источники информации в единую систему. Одним из наиболее значимых направлений выступает внедрение технологий информационного моделирования (Building Information Modeling, BIM), которые дают возможность создавать цифровые двойники объектов инфраструктуры. Такие модели позволяют не только визуализировать проект на ранних стадиях, но и прогнозировать его поведение в эксплуатации, снижая риски дорогостоящих ошибок (Lee et al., 2018).

Большую роль играет использование облачных технологий и распределенных вычислений, благодаря которым команды проектировщиков, инженеров и подрядчиков могут работать синхронно, находясь в разных регионах, а иногда и странах. Это существенно сокращает время согласования решений и ускоряет переход от проектирования к строительству. Еще одним приоритетным направлением становится применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта, которые позволяют анализировать огромные объемы геофизических и производственных данных для выбора оптимальных проектных решений, прогнозирования ресурсоемкости и оценки возможных рисков.

Не менее важной технологией, усиливающей качество проектирования, является использование AR/VR. Данные технологии позволяют инженерам проводить «цифровые обходы» проектируемых объектов, выявлять слабые места на ранних стадиях и формировать более

точные спецификации оборудования, что напрямую связано с повышением безопасности, так как потенциальные инциденты моделируются еще до начала строительства.

Существенное значение имеет и применение больших данных для анализа исторической информации о буровых операциях, эксплуатации месторождений и техническом состоянии оборудования. Совместное использование этих массивов с интеллектуальными аналитическими системами дает возможность формировать более реалистичные и гибкие проектные сценарии (Perrons et al., 2013).

Таким образом, ключевыми технологиями, определяющими рост эффективности проектирования в нефтегазовой отрасли, становятся BIM и цифровые двойники, облачные платформы для совместной работы, искусственный интеллект и машинное обучение, AR/VR, а также большие данные. Их комплексное применение формирует основу для перехода от традиционного проектирования к интеллектуальному, что снижает издержки, ускоряет внедрение проектов и повышает их устойчивость в долгосрочной перспективе.

Для исследования возможности комплексного внедрения упомянутых технологий в процесс проектирования нефтегазовых месторождений было рассмотрено создание стратегической карты (Bolsunovskaya et al., 2023). Стратегическая карта включает четыре составляющие (компоненты): «Наука и инновации (в обучении и обществе)», «Промышленность и предпринимательство», «Общество и рынок» и «Региональные финансы», каждый из которых имеет свои целевые ориентиры (Kozlov and Tereshko, 2018; Kozlov et al., 2016).



Рисунок 1. Стратегическая карта цифровой трансформации субъектов экономической деятельности при разработке нефтегазового месторождения (процесс проектирования)

На рис. 1 представлена стратегическая карта, разработанная авторами в публикации (Malashenko et al., 2025), которая отражает, как нематериальные активы в компоненте «Наука и инновации (в обучении и обществе)» преобразуются в финансовые результаты, способствующие достижению целей в области региональных финансов в компоненте «Финансы региона». Отметим, что стратегическая карта формировалась с ориентиром на ключевые нормативные документы как на федеральном уровне (нац. проекты/программы: «Средства производства и автоматизации» – 2025– 2027 гг.; «Экономика данных» – 2025– 2030 гг.), так и на региональном («Стратегия в области цифровой трансформации отраслей экономики,

социальной сферы и государственного управления»). Данную стратегическую карту рассмотрим детально, введем подцели в целевых ориентирах и индикаторы контроля (см. табл. 1).

Таблица 1. Детализация составляющих стратегической карты

Цель	Индикатор контроля	Тип индикатора
НАУКА И ИННОВАЦИИ (В ОБУЧЕНИИ И ОБЩЕСТВЕ)		
<i>Исследования и разработки</i>		
Повышение эффективности процесса проектирования разработки месторождения за счет внедрения инновационных решений	Сокращение сроков проектирования по сравнению с базовым, % Число используемых передовых производственных технологий, ед.	Количественный Количественный
<i>Интеграция образовательных программ</i>		
Развитие цифровых компетенций персонала	Доля сотрудников, прошедших обучение на цифровых образовательных платформах, %	Количественный
<i>Создание инновационных экосистем</i>		
	Количество выданных патентов, ед.	Количественный
Обеспечение развития науки и инноваций в регионе	Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в общем числе обследованных организаций, % от общего числа организаций Уровень инновационной активности организаций	Количественный Качественный
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО		
<i>Стимулирование инноваций</i>		
Обеспечение развития разработки нефтегазовых месторождений	Доля инвестиций в основной капитал в ВВП, в ВРП, % Прирост высокопроизводительных рабочих мест, ед	Количественный Количественный
<i>Увеличение производительности</i>		
Повышение производительности труда за счет внедрения цифровых технологий	Индекс производительности труда по основным отраслям экономике	Качественный
Рост эффективности использования основных фондов благодаря цифровой трансформации	Индексы изменения фондоотдачи	Качественный

Цель	Индикатор контроля	Тип индикатора
ОБЩЕСТВО И РЫНОК		
<i>Увеличение прозрачности процессов</i>		
Автоматизация бизнес-процессов	Сокращение времени подготовки управленческой отчетности, %	Количественный
Обеспечение прозрачности бизнес-процессов	Доля решений, принятых на основе цифровых данных, %	Количественный
<i>Рост инновационного и научного потенциала</i>		
Обеспечение роста уровня развития науки и инноваций	Доля ВРП по виду деятельности – профессиональная, научная и техническая, % (в текущих основных ценах; в % к итогу)	Количественный
Повышение вовлеченности организаций в инновации	Уровень инновационной активности организаций	Качественный
ФИНАНСЫ РЕГИОНА		
<i>Оптимизация инвестиционных потоков</i>		
Устойчивость финансов региональных строительных организаций	Кредитоспособность региональных строительных организаций	Качественный
Инвестиционная привлекательность региона	Доля привлеченных инвестиций, %	Количественный
<i>Снижение затрат на проектирование</i>		
Оптимизация затрат на проектирование	Снижение удельных затрат на проектирование, %	Количественный
Повышение эффективности проектирования	Доля проектов, выполненных при помощи цифровых технологий, %	Количественный

Далее рассмотрим рекомендации для субъектов экономической деятельности по практическому применению стратегической карты цифровой трансформации в процессе проектирования нефтегазовых месторождений, которые включают:

1. *оптимизацию процессов проектирования* – внедрение цифровых платформ, специализированных программных решений для моделирования и проектирования, способствует сокращению сроков проектирования и повышению точности результатов; стандартизация процессов проектирования позволит упростить и ускорить выполнение задач;

2. *инновационные технологии* – инвестиции в передовые технологии, такие как 3D-моделирование, AR/VR, могут значительно улучшить визуализацию проектов; создание условий для патентования разработанных технологий играет ключевую роль в стимулировании

инновационной активности сотрудников и формировании внутренней мотивации к генерации новых идей;

3. *обучение и развитие персонала* – систематическая организация курсов и тренингов по работе с цифровыми технологиями становится важным инструментом повышения квалификации специалистов; инвестиции в образовательные программы для инженеров и проектировщиков не только позволяют повысить уровень их компетенций, но и обеспечивают эффективное применение современных цифровых решений в практической деятельности;

4. *инвестиции и финансирование* – для долгосрочного успеха необходима разработка продуманных стратегий привлечения инвестиций в инновационные проекты; использование как государственных, так и частных источников финансирования формирует устойчивую основу для развития; при этом важным условием остается регулярная оценка финансовой устойчивости компаний, обеспечивающая надежность и предсказуемость проектной деятельности;

5. *управление на основе данных* – внедрение инструментов сбора и анализа информации позволяет принимать управленческие решения, опираясь на фактические данные, а не на интуицию; применение цифровых двойников месторождений значительно повышает качество планирования и эффективность управления проектами;

6. *инновации и устойчивое развитие* – проектирование объектов нефтегазовой отрасли должно учитывать экологическую составляющую; использование технологий, снижающих негативное воздействие на окружающую среду, в сочетании с поддержанием внутрикорпоративной культуры инноваций способствует росту конкурентоспособности и формированию позитивного имиджа компании.

7. *Мониторинг и оценку результатов* – создание системы контроля ключевых показателей эффективности (Key Performance Indicators, KPI) позволяет отслеживать ход цифровой трансформации и своевременно корректировать стратегические действия; сравнение достигнутых результатов с плановыми целями помогает выявлять слабые стороны и зоны для совершенствования;

8. *сотрудничество и партнерство* – активное взаимодействие с научными центрами, технологическими компаниями и отраслевыми организациями обеспечивает обмен опытом и способствует появлению совместных проектов; участие в специализированных конференциях и форумах позволяет быть в курсе современных тенденций и внедрять лучшие практики.

Применение перечисленных рекомендаций создает основу для эффективного использования стратегической карты цифровой трансформации в проектировании нефтегазовых месторождений. Это, в свою очередь, повышает общую эффективность деятельности компаний, способствует сокращению издержек и улучшает качество проектируемых объектов.

В качестве основного результата данного исследования на основе стратегической карты и рекомендаций, приведенных выше, была разработана концептуальная методика по проектированию нефтегазового месторождения. Данная методика будет представлена в контексте сравнения процессов AS IS – TO BE.

В классическом виде проектирование нефтегазового месторождения является сложным и многоэтапным процессом, включающим сбор и систематизацию геологических, гидрологических, экологических и технических данных, подготовку проектной документации, оценку

возможных рисков и ресурсов, а также контроль за выполнением всех проектных решений. В традиционной модели проектирования основной упор делается на ручной труд, при этом данные часто хранятся разрозненно, а возможности для прогнозирования и оперативного управления остаются ограниченными.

Цифровая трансформация проектного процесса нацелена на создание интегрированной и автоматизированной системы, которая не только ускоряет выполнение работ, но и повышает точность расчетов, улучшает качество проектных решений, снижает затраты и обеспечивает внедрение инновационных подходов в деятельности компании.

На этапе анализа текущего процесса можно выделить несколько ключевых моментов. Во-первых, сбор данных проводится из различных источников, включая полевые исследования, архивные материалы и инженерные расчеты. В существующей практике данные часто хранятся локально или в бумажном виде, что затрудняет их обработку, повышает вероятность ошибок при вводе информации и создает трудности при объединении разрозненных источников в единое информационное пространство.

Во-вторых, этап проектирования и моделирования реализуется преимущественно через традиционные инженерные расчеты и двухмерные чертежи. Проектировщики разрабатывают схемы размещения скважин, инфраструктуры и логистических маршрутов без применения централизованных цифровых моделей, что ограничивает возможности визуализации проектных решений и усложняет раннее выявление потенциальных проблем.

Третий аспект касается согласования и управления проектом. В традиционной модели это осуществляется через бумажные документы или электронную переписку с участием нескольких подразделений. Такой подход увеличивает риск задержек, ошибок и повторной проверки информации, а также не обеспечивает автоматизированного контроля сроков и бюджета. Решения, как правило, принимаются на основе опыта специалистов, что снижает оперативность и прозрачность процессов.

Наконец, контроль затрат и оценка эффективности проекта осуществляются вручную или с применением отдельных локальных инструментов. Отсутствие возможности мониторинга проекта в реальном времени затрудняет своевременное вмешательство и корректировку планов, что может приводить к перерасходу ресурсов или несвоевременному выявлению отклонений.

Таким образом, ключевые недостатки существующей практики включают длительность проектирования из-за низкой степени автоматизации, высокую вероятность ошибок и неточностей в данных, ограниченную прозрачность и доступность информации для всех участников процесса, слабую координацию между подразделениями, а также ограниченные возможности для анализа рисков и оптимизации проектных решений. Эти проблемы определяют необходимость перехода к цифровой модели проектирования, которая позволит повысить эффективность и управляемость всех этапов проектного процесса, минимизировать ошибки и создать основу для внедрения инновационных технологий.

Цифровая трансформация проектирования нефтегазового месторождения предполагает переход к интегрированной, автоматизированной и управляемой системе, которая обеспечивает слаженную работу всех участников проекта и повышает точность, скорость и качество принимаемых решений. В основе нового подхода лежит использование цифровых платформ,

современных программных средств моделирования, технологий визуализации и аналитики данных, что позволяет создавать единое информационное пространство и минимизировать зависимость от ручного труда.

На первом этапе цифрового проектирования формируется централизованная база данных, включающая геологические, гидрологические, экологические и технические сведения о месторождении. Данные поступают из полевых исследований, исторических архивов, сенсорных систем и геоинформационных источников, объединяются в единую цифровую платформу и становятся доступными в реальном времени для всех подразделений, участвующих в проекте. Такой подход обеспечивает прозрачность, упрощает обмен информацией и снижает риск ошибок при работе с данными.

Следующий этап предполагает создание цифрового двойника месторождения, включающего все ключевые объекты: скважины, инфраструктуру, транспортные маршруты и инженерные сети. Использование 3D-моделирования и технологий AR/VR позволяет проектировщикам визуально оценивать различные сценарии разработки, выявлять потенциальные проблемы на ранней стадии и проводить симуляцию чрезвычайных ситуаций, что значительно повышает надежность проектных решений.

Одним из ключевых элементов цифрового подхода является интегрированное управление проектом. Все подразделения работают через единую цифровую платформу, где автоматизировано распределяются задачи, фиксируются сроки и KPI. Применение алгоритмов оптимизации и машинного обучения позволяет прогнозировать производительность, выявлять узкие места, оценивать альтернативные сценарии и принимать решения на основании данных, а не только опыта специалистов.

Особое внимание в цифровой модели уделяется развитию компетенций персонала. Организуются онлайн-курсы, тренинги и практические занятия с цифровыми моделями и симуляторами, что позволяет специалистам быстро осваивать новые инструменты и технологии. Система сертификации и регулярной оценки навыков обеспечивает высокий уровень профессиональной подготовки и готовность сотрудников к работе с современными проектными решениями.

Контроль и мониторинг реализуются в режиме реального времени с использованием цифровых инструментов, что позволяет оперативно выявлять отклонения от плановых показателей, корректировать проектные решения и оптимизировать ресурсы. Система управления обеспечивает прозрачность всех процессов, фиксирует достижения по ключевым показателям стратегической карты и позволяет сравнивать текущие результаты с плановыми целями.

Цифровая трансформация также предполагает интеграцию инноваций и принципов устойчивого развития. В проект включаются экологические критерии, моделируются потенциальные воздействия на окружающую среду, оптимизируются транспортные и производственные потоки. Поддержка инновационной активности сотрудников, патентование новых решений и внедрение передовых технологий создают условия для непрерывного улучшения процессов и повышения конкурентоспособности компании.

В результате переход к цифровой модели проектирования позволяет сократить сроки и затраты на разработку месторождения, повысить точность и качество проектных решений, обеспечить прозрачность и управляемость всех этапов процесса, а также создать основу для

устойчивого внедрения инновационных технологий и повышения профессионального уровня сотрудников.

Табл. 2 представляет собой сравнение процесса проектирования нефтегазового месторождения по этапам в классическом варианте и при цифровой трансформации.

Таблица 2. Сравнение процесса проектирования нефтегазового месторождения по этапам в классическом варианте и при цифровой трансформации

Этап	AS IS	TO BE
Сбор данных	Локальные базы, бумажные документы, разрозненные источники	Централизованная цифровая платформа, Data Lake, интеграция сенсорных и GIS-данных
Проектирование	2D-чертежи, ручные расчеты, ограниченная визуализация	3D/VR/AR, цифровой двойник, автоматизированные расчеты, моделирование сценариев
Согласование	Бумажные документы, электронная почта, многократные итерации	Единая цифровая платформа, автоматизированное управление задачами, прозрачность KPI
Анализ рисков	Опыт проектировщиков	Машинное обучение, сценарное моделирование, прогнозирование аварийных ситуаций
Контроль	Ручной контроль, отчеты	Автоматический мониторинг KPI, корректировка проектов в реальном времени
Обучение персонала	Традиционные семинары и стажировки	Онлайн-курсы, практика на цифровых моделях, сертификация
Инновации	Ограниченная активность	Поддержка патентов, внедрение новых технологий, стимулирование сотрудников
Экология	Минимальный учет	Интеграция экологических критериев в проект и моделирование воздействия

Таким образом, цифровизация процессов проектирования нефтегазового месторождения существенно повышает их эффективность, позволяя оптимизировать работу и минимизировать ошибки. Использование цифровых двойников, технологий виртуальной и дополненной реальности, а также автоматизированных систем управления способствует сокращению сроков проектирования и снижению сопутствующих рисков. Единая платформа, объединяющая все подразделения и стандартизирующая процессы, обеспечивает прозрачность и контроль на каждом этапе реализации проекта. При этом развитие цифровых навыков сотрудников и поддержка инновационных решений создают прочную основу для стабильного и долгосрочного развития отрасли.

5. Обсуждение

В данном исследовании акцент сделан на критической оценке процесса проектирования нефтегазовых месторождений в контексте цифровой трансформации. Результаты, полученные в ходе анализа, подчеркивают, что традиционные подходы к проектированию становятся недостаточными для решения современных задач, связанных с увеличением технологической сложности и необходимостью повышения эффективности. В частности, выявлено, что отсутствие системного подхода к внедрению цифровых технологий приводит к фрагментации усилий и снижению общей эффективности процессов. Это подтверждает выводы других авторов (Winarni, 2024), которые также отмечают несогласованность инициатив в области цифровизации в нефтегазовом секторе.

Разработанная стратегическая карта цифровой трансформации субъектов экономической деятельности при разработке нефтегазового месторождения (процесс проектирования) как инструмент управления цифровой трансформацией представляет собой значимый инструмент в решении обозначенной проблемы. Она не только связывает разрозненные цифровые инициативы, но и интегрирует их в единую систему, что позволяет достичь синергетического эффекта. Это согласуется с мнением авторов (Tikhonov and Stepanenko, 2021), которые подчеркивают важность целостного подхода к стратегическому развитию в условиях цифровизации. Подводя итоги, можно отметить, что полученные результаты подтверждают необходимость разработки комплексных управленческих инструментов, которые будут способствовать более результативному внедрению цифровых технологий в нефтегазовую сферу.

Проведенный анализ показывает, что стратегическая карта способна существенно повысить прозрачность процессов проектирования и наладить более эффективное взаимодействие со всеми заинтересованными сторонами. Это особенно важно в условиях возрастающего внимания к экологическим и социальным аспектам деятельности компаний отрасли. Как подчеркивается в (Kovari, 2025), цифровые решения могут выступать катализатором для развития диалога с обществом и укрепления доверия к реализуемым проектам.

Использование стратегической карты не ограничивается лишь визуализацией целей и задач: она также обеспечивает системный мониторинг хода их достижения, что имеет ключевое значение для продвижения идей устойчивого развития. Практическая ценность проведенного исследования заключается в возможности применения его выводов при подготовке рекомендаций по интеграции стратегической карты в процессы проектирования месторождений. Это позволит компаниям не только эффективнее управлять цифровой трансформацией, но и повысить качество взаимодействия с внешними и внутренними стейкхолдерами.

Отдельно стоит подчеркнуть, что успешное внедрение подобного инструмента возможно лишь при активном включении всех участников процесса – от бизнеса и государственных структур до местных сообществ. Такой подход обеспечивает комплексное рассмотрение задач проектирования и соответствует современным тенденциям развития рынка. В этом контексте данное исследование не только выявляет актуальные проблемы, но и предлагает практические решения, направленные на совершенствование проектной деятельности в нефтегазовой отрасли.

Методика проектирования нефтегазового месторождения, разработанная на основе стратегической карты, позволяет оптимизировать процесс проектирования месторождений, а также повысить надежность этого процесса.

6. Заключение

В исследовании обоснована необходимость применения стратегической карты для управления цифровой трансформацией на стадии проектирования нефтегазовых месторождений. Традиционные подходы, хоть и эффективные, не удовлетворяют требованиям современного рынка, требующего гибкости и интеграции новых технологий. Предложенная стратегическая карта цифровой трансформации субъектов экономической деятельности при разработке нефтегазового месторождения (процесс проектирования) объединяет разрозненные инициативы в единую систему, соответствующую стратегическим целям компании (экономического субъекта).

Анализ показал, что компании сталкиваются с трудностями в интеграции новых технологий из-за отсутствия единой стратегии, нехватки квалифицированных кадров и разрозненности решений. Стратегическая карта предлагает системный подход к решению этих проблем, визуализируя взаимосвязи между целями и проектами.

Созданная структура карты выстроена с учетом особенностей проектирования объектов нефтегазовой отрасли и включает ключевые элементы, необходимые для цифровой трансформации. Использование индикаторов в ее наполнении дает возможность отслеживать динамику реализации целей и оперативно корректировать управленческие решения в зависимости от изменений внешней и внутренней среды. Это делает управление ресурсами более результативным.

Представленные рекомендации по применению стратегической карты и разработанная методика ориентированы на повышение эффективности и укрепление конкурентных позиций компаний в условиях цифровизации. Внедрение предложенного подхода позволит не только ответить на существующие вызовы, но и сформировать устойчивую основу для дальнейшего развития проектных решений в нефтегазовом комплексе. Практическая ценность работы заключается в укреплении методической базы управления проектами, а ее теоретическая значимость – в расширении представлений о механизмах цифровой трансформации отрасли.

Список литературы

- Bhandari, S., Paudyal, D.R., Chadalavada, S., 2024. Spatial Digital Twin Architecture for the Field Design Process of Oil and Gas Projects in Australia. *Land* 13 (7), 902. <https://doi.org/10.3390/land13070902>
- Egbumokei, P.I., Dienagha, I.N., Digitemie, W.N., Onukwulu, E.C., Oladipoet, O.T., 2024. The role of digital transformation in enhancing sustainability in oil and gas business operations. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation* 5 (5), 2582–7138. DOI: <https://doi.org/10.54660/ijmrge.2024.5.5.1029-1041>
- Fernandez-Vidal, J., Gonzalez, R., Gasco, J., Llopiset, J., 2022. Digitalization and corporate transformation: The case of European oil & gas firms. *Technological Forecasting and Social Change* 174, 121293. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121293>
- Hanson, E., Nwakile, Ch., Adebayo, Y.A., Esiriet, A.E., 2023. Conceptualizing digital transformation in the energy and oil and gas sector. *Global Journal of Advanced Research and Reviews* 1 (2), 15–30. <https://doi.org/10.58175/gjarr.2023.1.2.0059>
- Haouel, C., Nemeslaki, A., 2024. Digital Transformation in Oil and Gas Industry: Opportunities and Challenges. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences* 32 (1), 1–16. <https://doi.org/10.3311/ppso.20830>
- Junior, L.G.S.D., Ferreira, C.V., Winkler, I., 2022. Virtual reality applied to product development in the oil and gas industry: A brief review. *Journal of Bioengineering, Technologies and Health* 5(4), 329–334. <https://doi.org/10.34178/jbth.v5i4.259>
- Kovari A.A., 2025. A Framework for Integrating Vision Transformers with Digital Twins in Industry 5.0 Context. *Machines* 13 (1), 36. <https://doi.org/10.3390/machines13010036>
- Lee, C.Y., Chong, H.Y., Wang, X., 2018. Streamlining Digital Modeling and Building Information Modelling (BIM) Uses for the Oil and Gas Projects. *Archives of Computational Methods in Engineering* 25 (2), 349–396. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9201-4>
- Liang, J., Ma, L., Liang, Sh., Zhang, H., Zuo, Zh., Dai, J., 2023. Data-driven digital twin method for leak detection in natural gas pipelines. *Computers and Electrical Engineering* 110, 108833. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108833>
- Meza, E.B.M., Souza, D.G.B. de, Copetti, A., Sobral, A.P.B., Silva, G.V., Tammela, I., Cardoso, R., 2024. Tools, Technologies and Frameworks for Digital Twins in the Oil and Gas Industry: An In-Depth Analysis. *Sensors* 24 (19), 6457. <https://doi.org/10.3390/s24196457>
- Mohammadpoor, M., Torabi, F., 2020. Big data analytics in oil and gas industry: An emerging trend. *Petroleum* 6 (4), 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.11.001>

- Mohammed, A.S., Reinecke, Ph., Burnap, P., Rana, O., Anthiet, E., 2022. Cybersecurity Challenges in the Offshore Oil and Gas Industry: An Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS) Perspective. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems (TCPS)* 6 (3), 1–27. <https://doi.org/10.1145/3548691>
- Mota, R., Sharlin, E., Alim, U., 2025. Designing Reality-Based VR Interfaces for Geological Uncertainty arXiv:2504.09355. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.09355>
- Patel, H., Prajapati, D., Mahida, D., Shahet, M., 2020. Transforming petroleum downstream sector through big data: A holistic review. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* 10 (6), 2601–2611. <https://doi.org/10.1007/s13202-020-00889-2>
- Perrons, R. K., Hems, A., 2013. Cloud computing in the upstream oil & gas industry: A proposed way forward. *Energy Policy* 56, 732–737. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.016>
- Stumpp, N., Aschenbrenner, D., Stahl, M., ABmuth, A., 2024. PLASMA – Platform for Service Management in Digital Remote Maintenance Applications arXiv:2405.11836. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.11836>
- Wanasinghe, T.R., Wroblewski, L., Petersen, B.K., Gosine, R.G., Jameset, L.A., De Silva, O. Mann, G.K.I., Warriar, P.J., 2020. Digital Twin for the Oil and Gas Industry: Overview, Research Trends, Opportunities, and Challenges. *IEEE Access* 8, 104175–104197. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2998723>
- Winami E., Mujannahet, S., Halik, A., Pardosi, P., 2024. Reskilling and Upskilling: HR Adaptation Strategies to Digital Transformation in the Traditional Sector. *EKOM: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi* 4 (1), 2747–2756. <https://doi.org/10.56799/ekoma.v4i1.6237>
- Yun, J., Kim, S., Kim, J., 2024. Digital Twin Technology in the Gas Industry: A Comparative Simulation Study. *Sustainability* 16 (14), 5864. <https://doi.org/10.3390/su16145864>
- Бекетов, С.М., Федяевская, Д.Э., Схведиани, А.Е., Редько, С.Г., Бурлуцкая, Ж.В., Цифровой инструмент автоматизации процессов сбора, хранения и обработки данных об инновационном развитии регионов // *Экономика. Информатика*. 2024. Т. 51. № 3. С. 735–748. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2024-51-3-735-748>
- Болсуновская М.В., Гинцяк А.М., Федяевская Д.Э., Петряева А.А., Бурлуцкая Ж.В. Комплексное моделирование процессов нефтедобычи: аналитический обзор // *Автоматизация и информатизация ТЭК*. 2023. № 2 (595). С. 51–62. [https://doi.org/10.33285/2782-604X-2023-2\(595\)-51-62](https://doi.org/10.33285/2782-604X-2023-2(595)-51-62)
- Козлов А.В., Гутман С.С., Зайченко И.М., Рытова Е.В. Комплекс региональных индикаторов как инструмент формирования стратегии инновационно-промышленного развития районов Крайнего Севера // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2016. № 4 (246). С. 252–263. <https://doi.org/10.5862/JE.246.22>
- Козлов А.В., Терешко Е.К. Стратегическая карта развития образовательной системы мурманской области в условиях цифровой трансформации экономики. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2018. № 4 (60). С. 111–122. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X.4.2018.60.111-122>
- Малашенко М.Р., Середин Е.П., Терешко Е.К. Цифровая трансформация проектирования промышленных объектов: кейс нефтегазового месторождения // *Современные подходы в системном инжиниринге и цифровом моделировании сложных производственных систем*. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025. С. 83–90. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id25-191>
- Сергеева О.А., Ларионова О.А., Захарова О.Л. Цифровая трансформация – инновационный путь повышения эффективности управления в НГЛ России // *Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*. 2018. № 9. С. 33–37. <https://doi.org/10.30713/1999-6942-2018-9-33-37>
- Тихоной Ю.М., Степаненко Д.А. Цифровая трансформация в нефтегазовой отрасли // *Стратегии бизнеса*. 2021. Т. 9. № 2. С. 58–61. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2021-2-58-61>

References

- Beketov, S.M., Fedyaevskaya, D.E., Shvediani, A.E., Redko, S.G., Burlutskaya, J.V., 2024. A Digital Tool for Automating the Processes of Collecting, Storing and Processing Data on the Innovative Development of Regions. *Economics. Information Technologies* 51 (3), 735–748. <https://doi.org/10.52575/2687-0932-2024-51-3-735-748>
- Bhandari, S., Paudyal, D.R., Chadalavada, S., 2024. Spatial Digital Twin Architecture for the Field Design Process of Oil and Gas Projects in Australia. *Land* 13 (7), 902. <https://doi.org/10.3390/land13070902>
- Bolsunovskaya, M.V., Gintciak, A.M., Fedyaevskaya, D.E., Petryaeva, A.A., Burlutskaya, Zh.V., 2023. Complex modeling of oil production processes: an analytical review. *Automation and informatization of the Fuel and Energy Complex* 2 (595), 51–62. [https://doi.org/10.33285/2782-604X-2023-2\(595\)-51-62](https://doi.org/10.33285/2782-604X-2023-2(595)-51-62)
- Egbumokei, P.I., Dienagha, I.N., Digitemie, W.N., Onukwulu, E.C., Oladipoet, O.T., 2024. The role of digital transformation in enhancing sustainability in oil and gas business operations. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation* 5 (5), 2582–7138. DOI: <https://doi.org/10.54660/ijmrge.2024.5.5.1029-1041>
- Fernandez-Vidal, J., Gonzalez, R., Gasco, J., Llopiset, J., 2022. Digitalization and corporate transformation: The case of European oil & gas firms. *Technological Forecasting and Social Change* 174, 121293. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121293>
- Hanson, E., Nwakile, Ch., Adebayo, Y.A., Esiriet, A.E., 2023. Conceptualizing digital transformation in the energy and oil and gas sector. *Global Journal of Advanced Research and Reviews* 1 (2), 15–30. <https://doi.org/10.58175/gjarr.2023.1.2.0059>
- Haouel, C., Nemeslaki, A., 2024. Digital Transformation in Oil and Gas Industry: Opportunities and Challenges. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences* 32 (1), 1–16. <https://doi.org/10.3311/ppso.20830>
- Junior, L.G.S.D., Ferreira, C.V., Winkler, I., 2022. Virtual reality applied to product development in the oil and gas industry: A brief review. *Journal of Bioengineering, Technologies and Health* 5(4), 329–334. <https://doi.org/10.34178/jbth.v5i4.259>
- Kovari A.A., 2025. A Framework for Integrating Vision Transformers with Digital Twins in Industry 5.0 Context. *Machines* 13 (1), 36. <https://doi.org/10.3390/machines13010036>
- Kozlov, A.V., Gutman, S.S., Zaychenko, I.M., Rytova, E.V., 2016 The System of Regional Indicators as a Tool for Strategic Innovative Industrial Development of the Far North Regions. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics* 4 (246), 252–263. <https://doi.org/10.5862/JE.246.22>

- Kozlov, A.V., Tereshko, E.K., 2018. Strategic map for the development of the educational system of the Murmansk region in the context of the digital transformation of the economy. *The North and the Market: The Formation of an Economic Order* 4 (60), 111–122. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X.4.2018.60.111-122>
- Lee, C.Y., Chong, H.Y., Wang, X., 2018. Streamlining Digital Modeling and Building Information Modelling (BIM) Uses for the Oil and Gas Projects. *Archives of Computational Methods in Engineering* 25 (2), 349–396. <https://doi.org/10.1007/s11831-016-9201-4>
- Liang, J., Ma, L., Liang, Sh., Zhang, H., Zuo, Zh., Dai, J., 2023. Data-driven digital twin method for leak detection in natural gas pipelines. *Computers and Electrical Engineering* 110, 108833. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108833>
- Malashenko, M.R., Seredin, E.P., Tereshko, E.K., 2025. Digital transformation of industrial design: Case study of an oil and gas field, in: *Modern Approaches in System Engineering and Digital Modeling of Complex Production Systems*. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, pp. 83–90. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id25-191>
- Meza, E.B.M., Souza, D.G.B. de, Copetti, A., Sobral, A.P.B., Silva, G.V., Tammela, I., Cardoso, R., 2024. Tools, Technologies and Frameworks for Digital Twins in the Oil and Gas Industry: An In-Depth Analysis. *Sensors* 24 (19), 6457. <https://doi.org/10.3390/s24196457>
- Mohammadpoor, M., Torabi, F., 2020. Big data analytics in oil and gas industry: An emerging trend. *Petroleum* 6 (4), 321–328. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.11.001>
- Mohammed, A.S., Reinecke, Ph., Burnap, P., Rana, O., Anthiet, E., 2022. Cybersecurity Challenges in the Offshore Oil and Gas Industry: An Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS) Perspective. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems (TCPS)* 6 (3), 1–27. <https://doi.org/10.1145/3548691>
- Mota, R., Sharlin, E., Alim, U., 2025. Designing Reality-Based VR Interfaces for Geological Uncertainty arXiv:2504.09355. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.09355>
- Patel, H., Prajapati, D., Mahida, D., Shahet, M., 2020. Transforming petroleum downstream sector through big data: A holistic review. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* 10 (6), 2601–2611. <https://doi.org/10.1007/s13202-020-00889-2>
- Perrons, R. K., Hems, A., 2013. Cloud computing in the upstream oil & gas industry: A proposed way forward. *Energy Policy* 56, 732–737. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.01.016>
- Sergeeva, O.A., Larionova, O.A., Zaharova, O.L., 2018. Digital transformation as an innovational approach of enhancing management efficiency at Russian oil and gas industry. *Problems of economics and management of oil and gas complex* 9, 33–37. <https://doi.org/10.30713/1999-6942-2018-9-33-37>
- Stumpp, N., Aschenbrenner, D., Stahl, M., Abmuth, A., 2024. PLASMA – Platform for Service Management in Digital Remote Maintenance Applications arXiv:2405.11836. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.11836>
- Tikhopoy, Yu.M., Stepanenko, D.A., 2021. Digital transformation in the oil and gas industry. *Business Strategies* 9 (2), 58–61. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2021-2-58-61>
- Wanasinghe, T.R., Wroblewski, L., Petersen, B.K., Gosine, R.G., Jameset, L.A., De Silva, O. Mann, G.K.I., Warrian, P.J., 2020. Digital Twin for the Oil and Gas Industry: Overview, Research Trends, Opportunities, and Challenges. *IEEE Access* 8, 104175–104197. <https://doi.org/10.1109/access.2020.2998723>
- Winarni E., Mujannahet, S., Halik, A., Pardosi, P., 2024. Reskilling and Upskilling: HR Adaptation Strategies to Digital Transformation in the Traditional Sector. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi* 4 (1), 2747–2756. <https://doi.org/10.56799/ekoma.v4i1.6237>
- Yun, J., Kim, S., Kim, J., 2024. Digital Twin Technology in the Gas Industry: A Comparative Simulation Study. *Sustainability* 16 (14), 5864. <https://doi.org/10.3390/su16145864>

Статья поступила в редакцию 02.07.2025, одобрена после рецензирования 16.07.2025, принята к публикации 24.07.2025

The article was submitted 02.07.2025, approved after reviewing 16.07.2025, accepted for publication 24.07.2025.

Информация об авторах

1. Марина Малашенко, специалист, Лаборатория “Цифровое моделирование производственных систем” ПИИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0008-5130-1774>, malashenko.marina.r@yandex.ru
2. Евгений Середин, специалист, Лаборатория “Цифровое моделирование производственных систем” ПИИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0009-0003-6108-0323>, seredin.evgeny2010@yandex.ru
3. Екатерина Терешко, к.э.н, научный сотрудник, Лаборатория “Промышленные системы потоковой обработки данных” ПИИШ «Цифровой инжиниринг» СПбПУ, Санкт-Петербург, Россия. <https://orcid.org/0000-0001-7117-7549>, ektereshko@mail.ru

About authors:

1. Marina Malashenko, Specialist, Laboratory “Digital modeling of production systems” Faculty of Digital Engineering, SPbPU, St. Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0008-5130-1774>, malashenko.marina.r@yandex.ru
2. Evgeny Seredin, Specialist, Laboratory “Digital modeling of production systems” Faculty of Digital Engineering, SPbPU, St. Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0009-0003-6108-0323>, seredin.evgeny2010@yandex.ru
3. Ekaterina Tereshko, PhD in Economics, Researcher, Laboratory "Industrial Systems of Streaming Data Processing", Digital Engineering Research Institute, SPbPU, St. Petersburg, Russia. <https://orcid.org/0000-0001-7117-7549>, ektereshko@mail.ru