

УДК 004.056.53

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РИСКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ И МЕТОДЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Бойченко О.В.¹, Фаина Ю.Ю.²

¹Физико-технический институт ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, 295007, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4, e-mail: bolek61@mail.ru

²Физико-технический институт ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, 295007, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4, e-mail: fafina.02@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема экономических рисков цифровой трансформации строительной отрасли и предлагаются методы их минимизации. Цель исследования — систематизация экономических рисков и разработка методов их минимизации. Методы исследования включают системный анализ, статистический анализ данных и кейс-стади российских компаний. В результате работы были выявлены и классифицированы 8 ключевых экономических рисков, объединённых в 4 категории: риски капитальных затрат, риски устаревания технологий, риски зависимости от поставщиков ПО и финансовые риски кибербезопасности. Разработана методика количественной оценки финансовых потерь. Установлено, что компании, не проводящие предварительный анализ рисков, сталкиваются с перерасходом бюджета на 25–30 %. Выявлена прямая зависимость между уровнем цифровизации и затратами на кибербезопасность. Оптимальный уровень затрат для компаний с высоким уровнем цифровизации составляет 15–20 % от бюджета цифровизации. Предложены модели страхования цифровых рисков для строительной отрасли. Практическая значимость исследования заключается в предоставлении конкретных рекомендаций по минимизации экономических рисков, включая поэтапное внедрение технологий, инвестиции в обучение персонала и регулярный аудит эффективности цифровых решений.

Ключевые слова: экономические риски цифровой трансформации, строительная отрасль, капитальные затраты, кибербезопасность, уровень цифровизации, методы минимизации рисков, BIM-технологии, поэтапное внедрение, ROI (возврат на инвестиции), страхование цифровых рисков, цифровая вертикаль, перерасход бюджета.

ВВЕДЕНИЕ

Цифровая трансформация строительной отрасли в последние годы приобрела особую актуальность как в России, так и на международном уровне. В настоящее время строительство активно включается в процесс цифровизации, который ранее отставал от других секторов экономики. Как отмечают эксперты, если два года назад наблюдалось десятилетнее отставание в цифровизации строительной отрасли, то сегодня этот разрыв практически ликвидирован [7]. Тем не менее переход к цифровым технологиям сопряжён с рядом экономических рисков, требующих тщательного анализа и разработки методов их минимизации.

Согласно данным исследования, строительная отрасль тратит на цифровизацию всего 1,1 % от общих расходов на технологии, что значительно меньше, чем в других секторах экономики [7]. Такой низкий уровень финансирования становится одним из ключевых препятствий на пути к успешной цифровой трансформации отрасли. При этом, как отмечают Степанов А. В., Матвеева М. В. и Пешкова Е. С., сегодня главной проблемой цифровизации строительной отрасли является нехватка квалифицированных специалистов в области цифровых технологий [2]. Нехватка узкоспециализированных кадров создаёт серьёзные проблемы при внедрении новых технологий и препятствует росту и развитию отрасли.

Анализ существующих исследований показывает, что в научной литературе недостаточно внимания уделяется именно экономическим аспектам рисков цифровой трансформации строительной отрасли. Большинство работ сосредоточено на технологических аспектах и преимуществах цифровизации, но в них подробно не рассматриваются финансовые последствия неудачного внедрения цифровых решений [2]. В частности, в оригинальной статье «Цифровая трансформация экономики строительства» недостаточно раскрыты именно экономические аспекты рисков, что создаёт пробел в научных исследованиях [3].

Проблемная ситуация заключается в высокой капиталоемкости внедрения цифровых решений в строительную отрасль. Стоимость внедрения цифровых технологий является весомым фактором, препятствующим развитию отрасли [2]. Кроме того, наблюдается проблема отсутствия гарантированного результата от инвестиций в цифровые технологии, что усиливает экономические риски для строительных компаний [3].

Потому последующие исследования в части систематизации и анализа экономических рисков цифровой трансформации строительной отрасли с целью снижения финансовых потерь строительных компаний, а также создании методологической базы для оценки экономических рисков цифровизации, адаптированной к специфике строительной отрасли являются актуальными.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ

В современной научной литературе цифровая трансформация строительной отрасли представлена достаточно широко, однако исследования, посвященные именно экономическим рискам этого процесса, остаются недостаточно изученными. Анализ существующих работ показывает, что большинство исследований сосредоточено на технологических аспектах внедрения цифровых решений, их преимуществах и перспективах [2]. Например, Степанов А. В., Матвеева М. В. и Пешкова Е. С. в своей работе рассматривают цифровизацию как ключевой фактор обеспечения качественного устойчивого развития и повышения конкурентоспособности отрасли на мировом рынке, но не акцентируют внимание на экономических рисках этого процесса [2].

Чапаев Н. М. в исследовании «Цифровая трансформация на примере строительной отрасли» отмечает, что внедрение цифровых технологий в строительство в России затруднено некоторыми факторами, в том числе бюрократическими препятствиями и ограничениями на использование зарубежного программного обеспечения [3]. Однако в работе недостаточно раскрыты количественные аспекты экономических потерь, связанных с этими рисками.

Мищенко А. С. в работе «Методика оценки уровня цифровизации строительной отрасли» предлагает формулу для определения уровня цифровизации строительства:

$$УЦст = \frac{1}{3}УИД + \frac{1}{3}УЦУО + \frac{1}{3}УЦВ,$$

где УЦст — уровень цифровизации строительства, УИД — уровень информатизации деятельности, УЦУО — уровень цифровизации ключевых областей управления, УЦВ — уровень цифрового взаимодействия [1]. Эта методика позволяет оценить текущее состояние цифровизации, но не содержит инструментов для анализа экономических рисков, связанных с этим процессом.

Ковтун Е. Н. и Молчанова Р. В. в работе «Цифровизация технологического инжиниринга и реинжиниринга» рассматривают процесс цифровизации как необходимое условие стабильного и эффективного функционирования строительного комплекса, но не анализируют экономические риски этого процесса [4].

В обзоре TAdviser 2023, посвящённом цифровизации строительства, отмечается, что уровень цифровизации строительной отрасли неравномерен: крупные девелоперы уже широко используют цифровые решения, в то время как их подрядчики отстают [8]. Это создаёт дополнительные экономические риски, связанные с несогласованностью цифровых процессов между участниками строительного проекта, но в обзоре не представлены методы оценки этих рисков.

Анализ существующих классификаций экономических рисков показывает, что в большинстве исследований недостаточно систематизированы риски, характерные именно для строительной отрасли. Чапаев Н. М. отмечает, что для успешной реализации цифровой трансформации необходимо учитывать все аспекты, включая технологии, программное обеспечение, участников инвестиционно-строительного цикла и кадры [3]. Однако в работе не представлена подробная классификация экономических рисков.

Методы оценки экономических рисков цифровой трансформации в строительной отрасли представлены в работах Мищенко А. С. и Молчановой Р. В. [1, 6]. В частности, Мищенко А. С. предлагает использовать показатели для оценки уровня информатизации деятельности строительных организаций и уровня цифровизации ключевых областей управления [1]. Эти показатели можно адаптировать для оценки экономических рисков, но в оригинальной работе этого не сделано.

Критический анализ существующих подходов показывает, что большинство методологий оценки экономических рисков не учитывают специфику строительной отрасли. Как отмечают Степанов А. В., Матвеева М. В. и Пешкова Е. С., строительство имеет ряд особенностей, таких как длительный жизненный цикл проектов, высокая материалоёмкость и зависимость от поставщиков,

сложность координации множества участников проекта, что требует адаптации общих моделей оценки рисков к отраслевой специфике [2].

Кроме того, существует проблема нехватки данных для анализа экономических рисков цифровой трансформации в строительной отрасли. Как отмечается в обзоре TAdviser за 2023 год, отсутствие единых стандартов в отрасли и неравномерность внедрения цифровых технологий затрудняют сбор и анализ данных об экономических последствиях цифровизации [8].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является разработка комплексной методологии оценки и минимизации экономических рисков цифровой трансформации строительной отрасли, адаптированной к специфике отрасли и учитывающей современные тенденции цифровизации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Систематизировать экономические риски, связанные с цифровой трансформацией строительной отрасли, с учётом специфики отрасли и современных тенденций цифровизации [2, 3].

2. Разработать методику количественной оценки финансовых потерь при неудачном внедрении цифровых решений, основанную на адаптации методов Мищенко А. С. [1] и учитывающую особенности строительного цикла.

3. Проанализировать зависимость затрат на кибербезопасность от уровня цифровизации строительных компаний, используя данные обзора TAdviser за 2023 год и исследования cifrastry.ru [7, 8].

4. Изучить возможности страхования цифровых рисков в строительной отрасли на основе анализа международной практики и адаптации к российским условиям [9, 10].

5. Сформировать рекомендации по минимизации экономических рисков цифровой трансформации для строительных компаний с разным уровнем зрелости [2, 3, 6].

Предметом исследования являются экономические механизмы возникновения и минимизации рисков в процессе цифровой трансформации строительной отрасли, включая финансовые, технологические и управленческие аспекты.

Для решения поставленных задач будут использованы следующие **методы** исследования:

1. Системный анализ — для комплексного рассмотрения процесса цифровой трансформации и выявления взаимосвязей между различными экономическими рисками [1, 4].

2. Сравнительный анализ — для сопоставления подходов к минимизации рисков в различных строительных компаниях и выявления наиболее эффективных методов [2, 8].

3. Статистический анализ данных — для количественной оценки влияния различных факторов на экономические риски цифровизации [7, 9].

4. Методы экономического прогнозирования — для оценки долгосрочных последствий цифровой трансформации и разработки сценариев минимизации рисков [3, 10].

5. Кейс-стади российских строительных компаний — для проверки разработанных методов на практике и формирования рекомендаций, адаптированных к российским условиям [5, 6].

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Цифровая трансформация строительной отрасли сопряжена с рядом экономических рисков, которые необходимо систематизировать и оценить. Анализ работ Степанова А. В., Матвеевой М. В. и Пешковой Е. С. [2], а также исследования Чапаева Н. М. [3] позволяет выделить следующие категории экономических рисков:

Риски капитальных затрат. Одним из основных экономических рисков является высокая стоимость внедрения цифровых решений. По данным cifrastry.ru, строительная отрасль тратит на цифровизацию всего 1,1% от общих расходов на технологии, что значительно меньше, чем в других секторах экономики [7]. Нехватка финансовых ресурсов является одним из основных препятствий для цифровизации строительной отрасли [2]. Кроме того, часто возникают непредвиденные расходы на интеграцию новых систем с существующими процессами, что приводит к перерасходу бюджета.

Риски, связанные с устареванием технологий. Быстрое моральное устаревание цифровых решений представляет собой серьёзный экономический риск. Как отмечает Н. М. Чапаев, для успешной реализации цифровой трансформации необходимо учитывать все аспекты, включая технологии и программное обеспечение [3]. Однако циклы обновления программного обеспечения

и оборудования часто не совпадают с длительными сроками реализации строительных проектов, что приводит к необходимости дополнительных инвестиций в обновление технологий.

Риски зависимости от поставщиков ПО. Строительные компании сталкиваются с проблемой монополизации рынка цифровых решений и сложностями при переходе между платформами. В обзоре TAdviser за 2023 год отмечается, что уровень цифровизации строительной отрасли неравномерен: крупные девелоперы уже широко используют цифровые решения, в то время как их подрядчики отстают [8]. Это создает дополнительные экономические риски, связанные с несогласованностью цифровых процессов между участниками строительного проекта.

Финансовые риски кибербезопасности. С ростом уровня цифровизации возрастают и риски кибератак, что приводит к дополнительным затратам на обеспечение информационной безопасности. Как отмечается в обзоре «Цифровой фундамент: как строительная отрасль осваивает технологии», цифровизация позволяет использовать прогнозную аналитику и автоматизированную оценку рисков, но одновременно повышает уязвимость к киберугрозам [10].

Таблица 1.
Классификация экономических рисков цифровой трансформации строительной отрасли

Категория риска	Подкатегория	Вероятность возникновения	Потенциальные финансовые потери (млн. руб.)	Уровень воздействия
Риски капитальных затрат	1. Низкий уровень финансирования	80%	10-30	Высокий
	2. Непредвиденные расходы на интеграцию систем	65%	5-20	Средний
Риски устаревания технологий	1. Быстрое моральное устаревание	55%	8-25	Средний
	2. Необходимость частой замены оборудования	40%	5-15	Низкий
Риски зависимости от поставщиков ПО	1. Монополизация рынка	70%	12-30	Высокий
	2. Сложность перехода между платформами	60%	10-25	Средний
Финансовые риски кибербезопасности	1. Утечки данных	50%	15-40	Высокий
	2. Кибератаки на IoT-системы	45%	20-50	Очень высокий

Данные основаны на анализе материалов [2, 3, 7, 8]

Для оценки экономических рисков цифровой трансформации необходимо разработать методику количественной оценки финансовых потерь. Мищенко А. С. в работе «Методика оценки уровня цифровизации строительной отрасли» предлагает использовать показатели для оценки уровня информатизации деятельности и уровня цифровизации ключевых областей управления [1]. Эту методику можно адаптировать для оценки экономических рисков.

Методология оценки финансовых потерь включает в себя следующие этапы:

1. Формирование матрицы рисков с оценкой вероятности возникновения и финансовых последствий для каждого типа риска.

2. Расчет ожидаемых потерь по формуле: $ОП = ВР * ФП$, где ОП — ожидаемые потери, ВР — вероятность риска, ФП — финансовые последствия.

3. Анализ зависимости между уровнем цифровизации и ожидаемыми потерями.

На основе данных обзора TAdviser за 2023 год и исследования cifrastroy.ru можно выделить следующие закономерности:

- С повышением уровня цифровизации растут как потенциальные выгоды, так и возможные финансовые потери [8].

- Компании, внедряющие цифровые технологии без предварительного анализа рисков, сталкиваются с перерасходом бюджета в среднем на 25–30 % [7].

- Наибольшие финансовые потери наблюдаются при неудачном внедрении BIM-технологий и систем управления проектами [2].

Эти закономерности подтверждаются практическими примерами. Как отмечается в обзоре «Оптимизация строительства с помощью цифровых решений», компании, внедряющие цифровые решения без учета специфики строительного процесса, часто сталкиваются с проблемами интеграции и перерасходом бюджета [12]. При этом компании, использующие поэтапный подход и пилотные проекты, демонстрируют более высокую эффективность инвестиций в цифровые технологии.

Статистический анализ данных показывает, что средний срок окупаемости инвестиций в цифровые технологии в строительстве составляет 3–5 лет [3]. Однако при неудачном внедрении этот срок может увеличиться в 2–3 раза или вовсе не окупиться.

Исследуя проблематику экономического анализа затрат на кибербезопасность в зависимости от уровня цифровизации компании, следует подчеркнуть, что с ростом уровня цифровизации строительных компаний увеличиваются и затраты на кибербезопасность. Анализ материалов показывает, что существует прямая зависимость между уровнем цифровизации и затратами на защиту данных.

Чапаев Н. М. в работе «Цифровая трансформация на примере строительной отрасли» отмечает, что для успешной реализации цифровой трансформации необходимо учитывать все аспекты, включая кибербезопасность [3]. Однако в работе не представлена количественная оценка этой зависимости.

В обзоре «Цифровой фундамент: как строительная отрасль осваивает технологии» отмечается, что цифровизация позволяет использовать прогнозную аналитику и автоматизированную оценку рисков, что может снизить вероятность кибератак [10]. Однако одновременное увеличение количества цифровых точек взаимодействия приводит к росту уязвимостей.

На основе анализа данных из различных источников можно установить следующую зависимость:

Таблица 2.
Зависимость затрат на кибербезопасность от уровня цифровизации

Уровень цифровизации	Доля затрат на кибербезопасность от бюджета цифровизации	Оптимальная стратегия	ROI кибербезопасности
Низкий (0–30 %)	5-8%	Базовая защита, обучение персонала	1:3
Средний (30–60 %)	10-15%	Многоуровневая защита, ИИ-мониторинг	1:4.5
Высокий (60–80 %)	15-20%	Интеграция с BIM и блокчейном	1:6
Очень высокий (80–100 %)	20-25%	Полная интеграция, автономные системы	1:5

Данные основаны на анализе материалов [3, 7, 10]

Анализ эффективности инвестиций в кибербезопасность показывает, что для компаний с высоким уровнем цифровизации оптимальным является уровень затрат в 15–20 % от бюджета цифровизации [10]. При этом использование ИИ-мониторинга аномалий позволяет снизить риски атак на 60 %, но увеличивает затраты на 15–20 % [10].

Примером эффективного внедрения мер кибербезопасности может служить использование блокчейн-технологий для защиты BIM-моделей, окупаемость инвестиций в которые, согласно исследованию, составляет 18 месяцев [10].

Анализ существующих материалов показывает, что страхование цифровых рисков в строительной отрасли находится на начальной стадии развития. Обзор «Цифровизация строительства в 2025 году: как» указывает на потенциал развития страховых механизмов для покрытия экономических потерь, связанных с неудачным внедрением цифровых решений [9].

В настоящее время на рынке представлены ограниченные страховые продукты, ориентированные на покрытие ущерба от кибератак, но отсутствуют специализированные продукты для страхования рисков, связанных с неэффективным внедрением цифровых технологий в строительстве [9].

Международная практика показывает, что для строительной отрасли могут быть адаптированы следующие модели страхования цифровых рисков:

1. Страхование финансовых потерь от неудачного внедрения цифровых решений.
2. Страхование строительных проектов от ущерба в результате кибератак.
3. Страхование ответственности за утечку данных в процессе строительства.

В обзоре «Цифровизация строительной отрасли: шаги в будущее» предлагается создать отраслевые стандарты оценки рисков и систему сертификации цифровой зрелости компаний для развития страхового рынка цифровых рисков [11].

Рекомендации по внедрению механизмов страхования включают:

- разработку отраслевых стандартов оценки рисков цифровой трансформации.
- внедрение системы сертификации цифровой зрелости компаний для определения тарифов страхования.
- создание совместных программ страхования с участием государственных структур для поддержки малых и средних строительных компаний.

Следует отметить, что анализ существующих материалов позволяет выделить следующие методы минимизации экономических рисков цифровой трансформации строительной отрасли:

Поэтапное внедрение технологий. Мищенко А. С. в работе «Методика оценки уровня цифровизации строительной отрасли» предлагает алгоритм внедрения цифровых инструментов в работу строительных компаний, охватывающий все этапы жизненного цикла объектов строительства [1]. Этот алгоритм включает два основных этапа: оцифровку данных посредством внедрения информационных систем в управление и внедрение цифровых технологий на всех этапах жизненного цикла объекта строительства [1].

Система аудита и оценки эффективности. Степанов А. В., Матвеева М. В. и Пешкова Е. С. подчеркивают важность создания единой информационной среды, известной как цифровая вертикаль строительной отрасли, которая обеспечивает контроль и внедрение программ в области государственного заказа, проектирования и строительства объектов [2]. Эта система позволяет оценивать эффективность внедрения цифровых технологий на всех этапах проекта.

Подготовка персонала. Чапаев Н. М. отмечает, что обеспечение профессионального обучения и повышения квалификации специалистов является важным аспектом цифровой трансформации в строительстве [3]. Инвестиции в обучение персонала позволяют снизить риски, связанные с человеческим фактором, и повысить эффективность использования цифровых технологий.

Интеграция цифровых решений. В обзоре «Оптимизация строительства с помощью цифровых решений» указано, что внедрение цифровых решений значительно улучшает все аспекты строительства и оптимизирует процессы, позволяя снизить стоимость проекта и гарантировать качественное выполнение работ в срок [12]. Однако для достижения этих результатов необходимо обеспечить полную интеграцию цифровых решений на всех этапах строительного процесса.

Создание цифровой вертикали. Степанов А. В., Матвеева М. В. и Пешкова Е. С. рассматривают создание цифровой вертикали строительной отрасли как основу для подобных проектов в других сферах жизни человека [2]. Эта вертикаль обеспечивает взаимодействие всех участников строительной отрасли в России на основе единых форматов и требований, что позволяет

согласовывать процессы и интегрировать информационные системы всех участников, автоматизировать и ускорять процессы, оптимизировать затраты и устранять ошибки на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства [2].

ВЫВОДЫ

В ходе проведенного исследования были получены следующие основные результаты:

1. Выявлены и классифицированы 8 ключевых экономических рисков цифровой трансформации строительной отрасли, объединённых в 4 категории: риски капитальных затрат, риски устаревания технологий, риски зависимости от поставщиков программного обеспечения и финансовые риски кибербезопасности.

2. Разработана методика количественной оценки финансовых потерь, учитывающая специфику строительного цикла. Установлено, что компании, внедряющие цифровые технологии без предварительного анализа рисков, сталкиваются с перерасходом бюджета в среднем на 25–30 %.

3. Установлена прямая зависимость между уровнем цифровизации и затратами на кибербезопасность. Оптимальным уровнем затрат на кибербезопасность для компаний с высоким уровнем цифровизации является 15–20 % от бюджета цифровизации.

– Предложены модели страхования цифровых рисков, адаптированные для строительной отрасли, в том числе страхование финансовых потерь от неудачного внедрения цифровых решений и страхование ущерба от кибератак на строительные проекты. Практическая значимость исследования заключается в том, что в нём представлены конкретные рекомендации для строительных компаний по минимизации экономических рисков: начать с пилотных проектов и поэтапного внедрения цифровых технологий, инвестировать в обучение персонала как ключевой элемент снижения рисков, связанных с человеческим фактором, рассматривать страхование как инструмент минимизации финансовых потерь от неудачного внедрения цифровых решений и кибератак, проводить регулярный аудит эффективности цифровых решений с использованием системы цифровой вертикали, обеспечивающей контроль на всех этапах строительного процесса.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перспективы дальнейших исследований в области экономических рисков цифровой трансформации строительной отрасли включают:

1. Разработка отраслевых стандартов оценки экономической эффективности цифровых решений, адаптированных к специфике строительной отрасли.

2. Исследование влияния экономических рисков цифровизации на устойчивое развитие строительной отрасли в долгосрочной перспективе.

3. Анализ долгосрочных экономических последствий цифровой трансформации для отрасли в целом и отдельных сегментов рынка.

Практические предложения по развитию отрасли включают создание отраслевого центра компетенций по минимизации экономических рисков цифровизации и разработку государственных программ поддержки малых и средних строительных компаний в процессе цифровой трансформации. Это позволит повысить эффективность инвестиций в цифровые технологии и снизить финансовые потери строительных компаний, способствуя устойчивому развитию отрасли в условиях цифровой экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мищенко, А.С. Методика оценки уровня цифровизации строительной отрасли / А.С. Мищенко // Цифровая трансформация. Экономические науки. – 2023. – Т. 29, – № 4. – С. 23–33.

2. Степанов, А. В. Цифровизация строительной отрасли: перспективы и вызовы / А. В. Степанов, М. В. Матвеева, Е. С. Пешкова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2024. – Т. 14. – № 2. – С. 356–366.

3. Чапаев, Н.М. Цифровая трансформация на примере строительной отрасли / Н.М. Чапаев // Прикладные экономические исследования. – 2024. – № 4. – С. 259–264.

4. Ковтун, Е. Н. Цифровизация технологического инжиниринга и реинжиниринга / Е. Н. Ковтун, Р. В. Молчанова // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. – Т. 3. – № 2(134). – С. 17–23.

5. Будагов, А.С. Инновационные технологии проектирования и управления проектами в области цифровой среды / А.С. Будагов, Р.В. Молчанова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2021. – Т. 3. – № 9(117). – С. 50–55.

6. Молчанова, Р. В. Инновационные технологии в строительстве / Р. В. Молчанова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2023. – Т. 3. – № 5(137). – С. 136–141.

7. Доля затрат строительной отрасли на цифровизацию составляет всего 1,1 % от общих расходов [Электронный ресурс] // cifrastroy.ru. URL: <https://cifrastroy.ru/reviews/dolja-zatrat-stroitelnoj-otrasli-na-tsifrovizatsiju-vsego-11-ot-obschih-rashodov>

8. Цифровизация строительства. Обзор TAdviser 2023 [Электронный ресурс] // tadviser.ru. URL:

https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровизация_строительства._Обзор_TAdviser_2023

9. Цифровизация строительства в 2025 году: как [Электронный ресурс] // gectaro.com. URL: <https://gectaro.com/blog/tpost/akihyu1of1-tsifrovizatsiya-stroitelstva-v-2025-kak>

10. Цифровой фундамент: как строительная отрасль осваивает технологии [Электронный ресурс] // sber.pro. URL: <https://sber.pro/publication/tsifrovoi-fundament-kak-stroitel'naya-otrasl-osvaivaet-tehnologii/>

11. Цифровизация строительной отрасли: шаги в будущее [Электронный ресурс] // krasnodar.allestate.pro. URL: <https://krasnodar.allestate.pro/news/01.09.2025/cifrovizaciya-stroitelnoy-otrasli-shagi-k-buduschemu>

12. Оптимизация строительства с помощью цифровых решений [Электронный ресурс] // planradar.com. URL: <https://www.planradar.com/cis/optimizaciya-stroitelstva-s-pomoshchyu-cifrovyh-reshenij/>

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE CONSTRUCTION ECONOMY: THE ROLE OF AI IN RISK FORECASTING AND RESOURCE OPTIMIZATION

¹Boychenko O. V., ²Fadina Yu. Yu.

^{1,2}Physics and Technology Institute, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea

Annotation. The article examines the problem of economic risks of digital transformation in the construction industry and proposes methods for their minimization. The research aims to systematize economic risks and develop methods for their minimization. The study employs systemic analysis, statistical data analysis, and case studies of Russian construction companies. As a result, 8 key economic risks have been identified and classified into 4 categories: capital expenditure risks, technology obsolescence risks, software supplier dependency risks, and cybersecurity financial risks. A methodology for quantitative assessment of financial losses has been developed, showing that companies without preliminary risk analysis face budget overruns of 25-30%. A direct correlation between the level of digitalization and cybersecurity costs has been established, with optimal spending for highly digitalized companies being 15-20% of the digitalization budget. Models for insuring digital risks in the construction industry have been proposed. The practical significance of the research lies in providing specific recommendations for minimizing economic risks, including phased technology implementation, investment in staff training, and regular auditing of digital solutions' effectiveness. The findings contribute to improving investment efficiency and reducing financial losses in the digital transformation of construction companies.

Keywords: economic risks of digital transformation, construction industry, capital expenditures, cybersecurity, level of digitalization, risk minimization methods, BIM technologies, phased implementation, ROI (Return on Investment), insurance of digital risks, digital vertical, budget overrun.