



Статистика, учет и аудит, 1(100)2026. стр. 97-111  
DOI: <https://www.doi.org/10.51579/1563-2415.2026.-1.07>

Статистика, учет и аудит  
МРНТИ 65.01.01  
УДК 330.34

## УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

Н.А. Бозгулова<sup>1</sup>, Д.И. Закирова<sup>2</sup>, А.Т. Сисенова<sup>2</sup>, Г.С. Каипова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Каспийский общественный университет, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Университет «Туран», Алматы, Казахстан

\*Corresponding author e-mail: [kaipova.g.s@gmail.com](mailto:kaipova.g.s@gmail.com)

**Аннотация.** Актуальность исследования определяется ускоренной цифровой трансформацией строительной отрасли в условиях Индустрии 4.0 и возрастанием роли управления затратами как фактора устойчивого развития строительных компаний. Внедрение технологий Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), Big Data и искусственного интеллекта (AI) изменяет подходы к формированию, прогнозированию и контролю затрат на протяжении жизненного цикла строительных проектов. Целью исследования является анализ современных подходов к управлению затратами в строительной отрасли с акцентом на возможности адаптации традиционных моделей Life Cycle Costing (LCC) и Activity-Based Costing (ABC) к условиям цифровизации. Методологическую основу исследования составляют сравнительный анализ практик управления затратами до и после внедрения цифровых технологий, документальный анализ статистических и отраслевых данных за 2020-2024 гг., а также экспертная оценка эффектов и барьеров цифровизации строительных организаций Казахстана на основе структурированных опросов. В результате показано, что использование цифровых инструментов способствует повышению точности сметных расчётов, оптимизации использования ресурсов и сокращению косвенных издержек, одновременно усиливая прозрачность и управляемость строительных проектов. Сделан вывод о том, что интеграция технологий Индустрии 4.0 в систему управления затратами формирует основу для повышения финансовой устойчивости и долгосрочного развития строительных компаний.

**Ключевые слова:** управление затратами, Индустрия 4.0, устойчивое развитие, строительная отрасль, цифровизация, инновационные технологии.

**Основные положения.** Эффективность управления затратами в строительной отрасли в условиях внедрения технологий Индустрии 4.0 выступает одним из ключевых факторов финансовой устойчивости и долгосрочного развития строительных компаний. Использование технологий BIM, IoT, Big Data и искусственного интеллекта расширяет возможности прогнозирования, контроля и оптимизации затрат на всех этапах жизненного цикла строительного проекта. Цифровизация процессов управления затратами способствует снижению косвенных издержек, повышению прозрачности проектной деятельности и улучшению операционной эффективности строительных организаций. Интеграция инновационных технологий в систему управления затратами формирует методическую и практическую основу устойчивого развития строительных компаний в условиях усиливающейся внешней неопределенности.

---

**Cite this article as:** Bozgulova N.A., Zakirova D.I., Sisenova A.T., Kaipova G.S. Cost management as a factor in sustainable development of the construction industry in the context of industry 4.0. *Statistics, accounting and audit*. 2026, 1(100), 97-111. (In Russ.). DOI: <https://www.doi.org/10.51579/1563-2415.2026.-1.07>



**Введение.** Строительная отрасль Казахстана развивается в условиях возрастающей технологической сложности, усиления требований к эффективности использования ресурсов и ускоренной цифровой трансформации хозяйственных процессов. В этих условиях управление затратами приобретает не только прикладное, но и стратегическое значение, поскольку именно от качества планирования, контроля и оптимизации затрат во многом зависят финансовая устойчивость строительных компаний, их инвестиционная привлекательность и способность обеспечивать долгосрочное развитие. Для строительной отрасли данная проблема имеет особую значимость в силу капиталоемкости проектов, длительности производственного цикла, высокой доли косвенных расходов, зависимости от колебаний цен на материалы и услуги, а также необходимости координации большого числа участников строительного процесса.

Современный этап развития отрасли характеризуется активным внедрением технологий Индустрии 4.0, включая Building Information Modeling, Internet of Things, Big Data и искусственный интеллект. Использование данных технологий меняет традиционные подходы к формированию, прогнозированию и контролю затрат, расширяя возможности оперативного мониторинга, моделирования сценариев, предупреждения отклонений и повышения прозрачности процессов на всех этапах жизненного цикла строительного проекта. В результате управление затратами перестает быть исключительно функцией сметного и бухгалтерского контроля и трансформируется в интегрированный элемент стратегического управления устойчивостью строительной компании.

Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях цифровизации строительной отрасли традиционные методы управления затратами нуждаются в методической адаптации. На практике многие строительные компании продолжают использовать подходы, ориентированные преимущественно на постфактум-контроль расходов, тогда как цифровая среда требует перехода к прогнозной, аналитически насыщенной и непрерывно обновляемой модели управления затратами. Особенно это касается таких инструментов, как Life Cycle Costing и Activity-Based Costing, потенциал которых в условиях цифровой трансформации строительной отрасли остается реализованным не в полной мере.

Для Казахстана данная проблема приобретает дополнительную значимость в связи с государственным курсом на цифровую трансформацию экономики. В Концепции цифровой трансформации Республики Казахстан на 2023–2029 годы подчеркивается необходимость расширения применения цифровых технологий, направленных на повышение качества строительных процессов, снижение издержек и рост конкурентоспособности строительных компаний [1]. Вместе с тем в научной литературе и прикладной практике недостаточно разработаны вопросы интеграции технологий Индустрии 4.0 в систему управления затратами с учетом особенностей строительной отрасли, что формирует исследовательский разрыв между технологическими возможностями цифровизации и методическим обеспечением их использования в финансово-управленческих целях.

Целью исследования является анализ современных подходов к управлению затратами в строительной отрасли с акцентом на возможности использования технологий Индустрии 4.0 для повышения операционной эффективности и устойчивости строительных компаний. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: изучить влияние технологий Индустрии 4.0 на



традиционные методы управления затратами, включая LCC и ABC, и оценить возможности их совершенствования в условиях цифровизации; проанализировать влияние технологий BIM, IoT, Big Data и AI на оптимизацию затрат и развитие методов управления затратами в строительных компаниях; разработать практические рекомендации по внедрению технологий Индустрии 4.0 в систему управления затратами строительных организаций.

Новизна работы заключается в разработке авторского подхода к адаптации традиционных моделей Life Cycle Costing и Activity-Based Costing к цифровой среде строительной отрасли. Практическая значимость исследования определяется возможностью использования полученных выводов и рекомендаций при формировании систем управления затратами в строительных компаниях с учетом отраслевой специфики Республики Казахстан.

**Литературный обзор.** Современные исследования подтверждают, что технологии Индустрии 4.0 оказывают существенное влияние на трансформацию подходов к управлению затратами в строительной отрасли. В частности, Khan A.A. и соавторы демонстрируют возможности интеграции BIM и AI для повышения точности прогнозирования затрат и снижения финансовых рисков за счёт автоматизации аналитических и визуализационных инструментов [2]. Значимость данного исследования заключается в практической апробации цифровых методов и разработке алгоритмов прогнозирования затрат.

Rane N. рассматривает применение BIM и нейросетевых технологий для построения прогнозных моделей затрат, что позволяет снизить ошибки на этапе планирования строительных проектов [3]. Несмотря на перспективность подхода, автор подчёркивает необходимость его дальнейшей проверки на расширенных массивах данных.

В работах Samad M.E. Sepasgozar и соавторов анализируются цифровые инструменты управления стоимостью строительства, включая повышение точности данных и снижение косвенных издержек [4]. Вместе с тем отмечается ограниченность исследований в части масштабирования цифровых решений для компаний различного уровня. Du X. предлагает модель симуляции затрат на основе AI и BIM для сценарного прогнозирования расходов, что расширяет инструментарий принятия управленческих решений в условиях неопределённости [5].

Ряд исследований фокусируется на использовании технологий Big Data и аналитики данных. Так, Zabala-Vargas S. и соавторы подчёркивают роль науки о данных в повышении точности аналитики и управлении рисками в строительных проектах [6]. Soleymani M. и соавторы демонстрируют потенциал глубокого обучения и IoT для автономного управления ресурсами, тогда как Althoeya F. и др. акцентируют внимание на возможностях онлайн-мониторинга для снижения потерь [7, 8]. Вместе с тем данные решения в большинстве случаев остаются на уровне пилотных проектов.

Исследования Y. Qi, Gamil M.A. и H. Begi подтверждают, что внедрение IoT способствует улучшению управления ресурсами, повышению производительности и снижению издержек в строительстве [9-11]. Одновременно авторы указывают на нерешённые проблемы интеграции цифровых систем и совместимости данных. Y. Dong рассматривает применение предиктивной аналитики для предотвращения отказов оборудования, что позволяет сократить непредвиденные расходы, однако подчёркивает высокую стоимость внедрения и требования к кадровому обеспечению подобных решений [12]. Аналогичные проблемы отмечает U.N. Madanayake, акцентируя



внимание на вопросах информационной безопасности и подготовки квалифицированных специалистов [13].

В целом анализ научных публикаций свидетельствует о значительном вкладе зарубежных авторов в развитие цифровых подходов к управлению затратами в строительстве. Вместе с тем сохраняются нерешённые вопросы, связанные с масштабируемостью цифровых инструментов, интеграцией технологий в единую управленческую экосистему, обеспечением безопасности данных и подготовкой кадров. Эти пробелы указывают на более фундаментальную проблему недостаточной формализации управленческой логики формирования и контроля затрат в условиях Индустрии 4.0, а также на ограниченность исследований, раскрывающих взаимосвязь цифровых инструментов с методами управленческого учёта и принятием решений на уровне жизненного цикла строительного проекта.

В связи с этим настоящее исследование ориентировано на анализ управления затратами в строительстве с позиций адаптации моделей LCC и ABC к условиям цифровизации, что определяет выбор методологического подхода и используемых методов исследования.

**Материалы и методы.** Методология исследования ориентирована на выявление трансформации управления затратами в строительной отрасли под воздействием технологий Индустрии 4.0 и основана на сочетании сравнительного подхода, анализа документальных источников и экспертной оценки. В центре внимания находится адаптация традиционных моделей управления затратами LCC и ABC к условиям цифровизации строительных процессов.

Информационную базу исследования составляют официальные статистические данные Бюро национальной статистики РК за 2020-2024 гг., использованные для характеристики динамики и общих тенденций развития строительной отрасли. Для интерпретации эффектов цифровизации и обобщения отраслевых практик привлечены аналитические отчёты и обзоры международных профессиональных организаций (McKinsey, PwC, Deloitte, Royal Institution of Chartered Surveyors), а также научные публикации в рецензируемых изданиях, посвящённые вопросам Industry 4.0, цифрового управления стоимостью и внедрения технологий BIM, IoT, Big Data и AI в строительстве.

Сравнительный подход применён для сопоставления практик управления затратами до и после внедрения цифровых технологий. Сопоставление осуществлялось по ключевым параметрам, включающим точность сметных расчётов, прогнозирование затрат, мониторинг ресурсов, учёт и распределение косвенных издержек, а также контроль сроков и рисков. Выявленные различия в управленческих процедурах и требованиях к данным использованы для обоснования авторского подхода к адаптации моделей LCC и ABC к условиям Индустрии 4.0.

Для оценки барьеров цифровизации и интерпретации управленческих эффектов внедрения технологий Индустрии 4.0 проведён структурированный экспертный опрос специалистов строительных организаций Казахстана ( $n = 18$ ). В выборку включены специалисты в области управления строительными проектами, сметно-нормативной деятельности, финансово-экономического планирования и цифровизации строительных процессов с профессиональным опытом не менее 5 лет. Анкета включала блоки вопросов, направленных на оценку значимости барьеров цифровизации и ожидаемых эффектов внедрения цифровых технологий.



Оценка факторов осуществлялась по порядковой шкале от 1 до 5, где значение 1 соответствовало минимальной значимости фактора, а значение 5 - максимальной. Обработка результатов экспертного опроса проводилась путём расчёта средних и медианных значений, что позволило выявить устойчивые тенденции в экспертных оценках и снизить влияние крайних суждений. Использование медианных значений и анализ вариации ответов позволили повысить содержательную валидность и устойчивость полученных экспертных оценок.

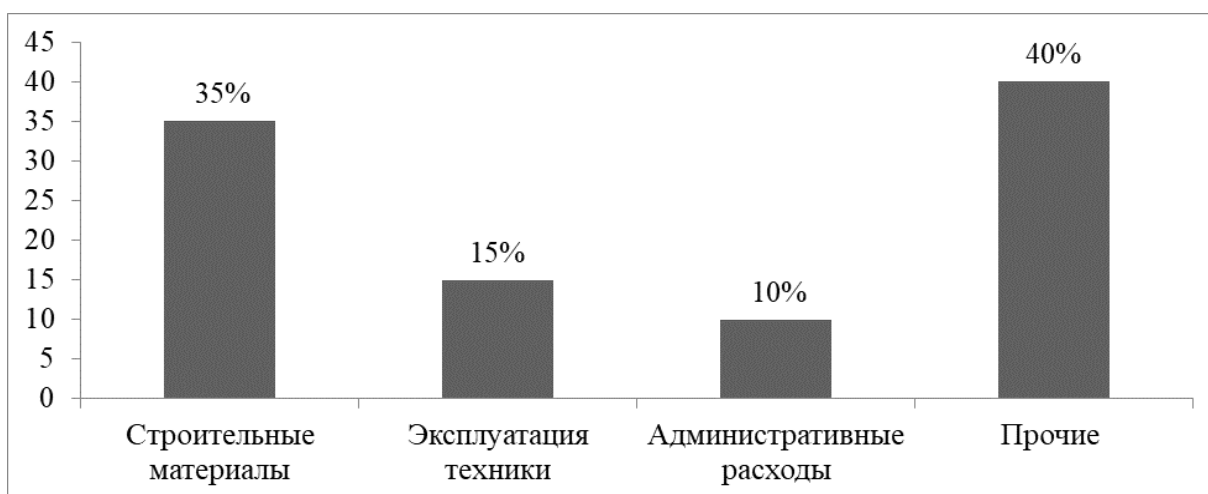
Табличные и графические материалы исследования сформированы на основе официальной статистики, аналитических отраслевых отчётов и результатов экспертной оценки. Таблица 1 основана на данных национальной статистики и отраслевых аналитических источниках. Таблицы 2-5 сформированы на основе обобщения научных публикаций, отраслевых обзоров и экспертных оценок. Рисунок 1 сформирован на основе агрегированных отраслевых оценок и экспертной интерпретации статистических данных. Показатели, представленные на рисунке 2 в процентном выражении, получены путём нормализации усреднённых экспертных оценок. Рисунок 3 отражает результаты структурированного экспертного опроса специалистов строительных организаций, посвящённого оценке степени влияния барьеров цифровизации. На основе сформированной информационной базы и применённого методологического подхода в следующем разделе представлены и обсуждены результаты анализа текущего состояния и структурных изменений в строительной отрасли Казахстана.

**Результаты и обсуждение.** Динамика ключевых показателей строительной отрасли Казахстана за 2020-2024 годы представлена в таблице 1. Рост объёмов строительных работ сопровождается замедлением темпов, что отражает стабилизацию отрасли.

**Таблица 1** - Динамика ключевых показателей строительной отрасли РК (2020-2024 гг.)

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Объём выполненных работ, трлн тг	5,96	6,69	7,85	8,88	9,64
Прирост объёмов, %	-	+12,3%	+17,3%	+13,1%	+8,6%
Уровень цифровизации, % компаний	оценочно: 20%	оценочно: 25%	оценочно: 30%	оценочно: 35%	оценочно: 40%
Средняя доля затрат на материалы	38%	37%	36%	35%	34%
Доля косвенных издержек, %	22%	20%	18%	15%	14%
Примечание: составлено авторами на основе источников [14, 15]					

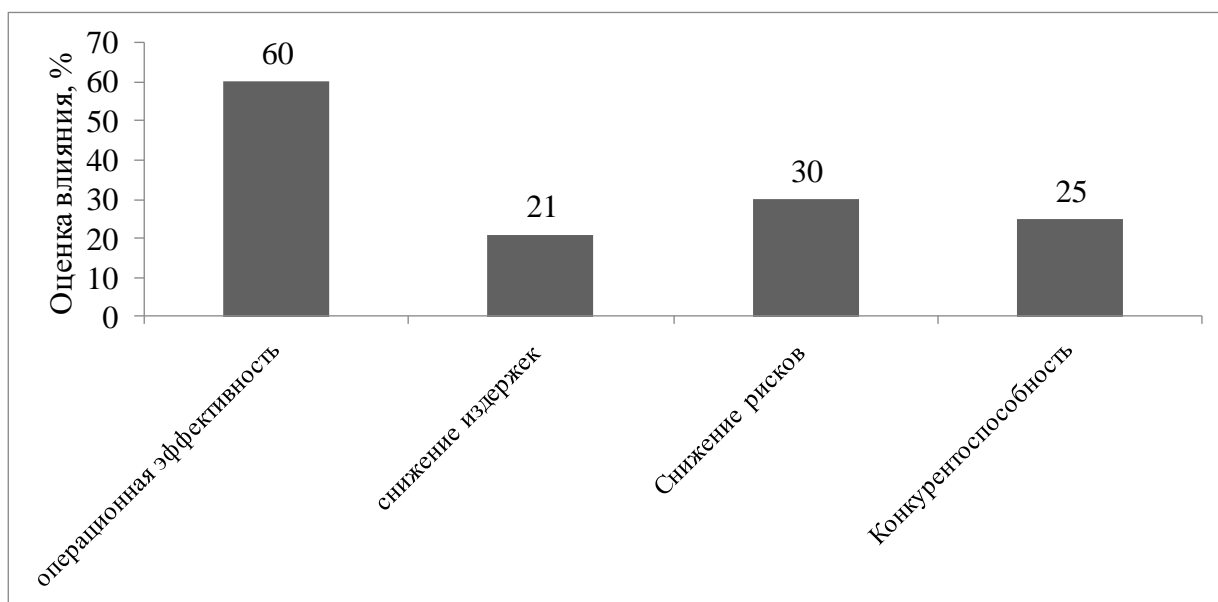
Расширение цифровизации связано с оптимизацией структуры затрат, включая сокращение материалоёмкости и доли косвенных издержек. При этом расходы на материалы остаются доминирующими, что подтверждает необходимость применения цифровых инструментов управления затратами на всех этапах строительного цикла (рисунок 1).



**Рисунок 1** - Структура расходов строительных компаний

Примечание: составлено авторами на основе агрегированных отраслевых оценок и экспертного анализа

Влияние технологий Индустрии 4.0 на ключевые показатели деятельности строительных организаций представлено в процентах от потенциального улучшения ключевых параметров управления затратами, сроками и использованием ресурсов (Рисунок 2). Представленные значения носят экспертный характер и отражают относительную оценку влияния технологий, полученную на основе нормализации экспертных оценок по шкале 1-5.



**Рисунок 2** - влияние технологий индустрии 4.0 на строительную отрасль

Примечание: составлено авторами на основе источников [16-18]

Технологии Индустрии 4.0, такие как BIM, IoT, Big Data и AI, кардинально изменяют традиционные подходы к управлению затратами в строительной отрасли. В таблице 2 представлен сравнительный анализ управления затратами до и после



внедрения технологий Индустрии 4.0 в строительной отрасли. Каждый показатель отражает значительные изменения, обеспечиваемые интеграцией реальных данных и цифровых инструментов в процесс управления строительными проектами, что позволяет более эффективно управлять затратами на всех этапах проекта.

**Таблица 2** - Сравнение управления затратами до и после внедрения технологий Индустрии 4.0, расширение моделей LCC и ABC

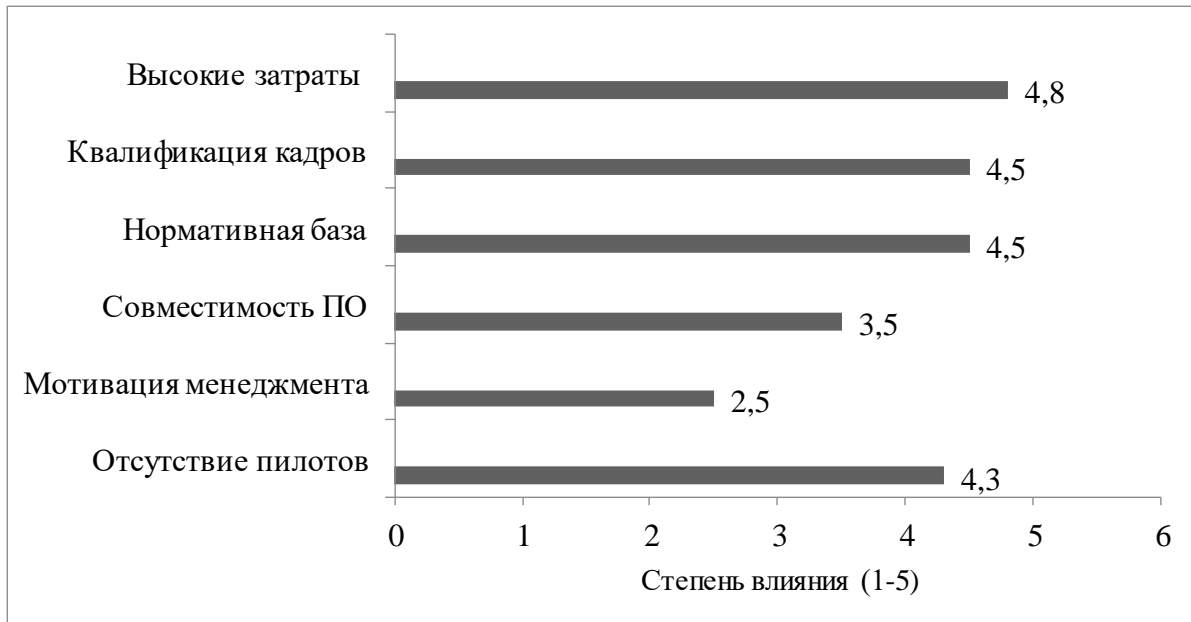
Показатель	До внедрения технологий	После внедрения технологий	Расширение возможностей LCC и ABC
Точность смет	Высокая погрешность, перерасходы	Повышенная точность (BIM, AI)	Более корректная оценка полной стоимости жизненного цикла (LCC)
Прогнозирование затрат	Ограниченное, реактивное	Прогнозное управление (AI, Big Data)	Учёт затрат на всех этапах жизненного цикла
Мониторинг ресурсов	Ручной контроль, потери	Автоматизация, мониторинг в реальном времени (IoT)	Точное распределение затрат по видам деятельности (ABC)
Безопасность	Периодические проверки	Непрерывный мониторинг (IoT)	Снижение рисков и операционных издержек в LCC
Сроки выполнения	Задержки, ошибки планирования	Сокращение сроков (BIM, AI)	Оптимизация временных и стоимостных параметров проекта
Структура затрат	Высокая доля косвенных расходов	Снижение косвенных затрат	Повышение точности калькуляции в ABC и LCC
Примечание: разработано авторами на основе источника [19]			

Основные барьеры внедрения цифровых решений были оценены экспертами по степени их влияния на цифровизацию строительной отрасли, как показано на Рисунке 3. Степень влияния барьеров измеряется в баллах (от 1 до 5), где 5 указывает на максимальное влияние.

Согласно данным отчета Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), строительные компании, активно внедряющие цифровые технологии, демонстрируют более высокую эффективность и значительное сокращение операционных расходов [19]. Это связано с улучшением процессов управления проектами через использование таких технологий, как BIM, IoT, Big Data и AI. Подробное влияние этих технологий на строительные проекты представлено в таблице 3.

На текущий момент, около 40% крупных строительных компаний в Казахстане уже внедрили технологии BIM на разных стадиях проектирования, с учетом обязательного использования в 24 типах объектов.

Кроме того, 60% объектов недвижимости в крупных городах страны перешли на онлайн-мониторинг хода строительства, что позволило значительно улучшить контроль за сроками и качеством выполнения работ [20].



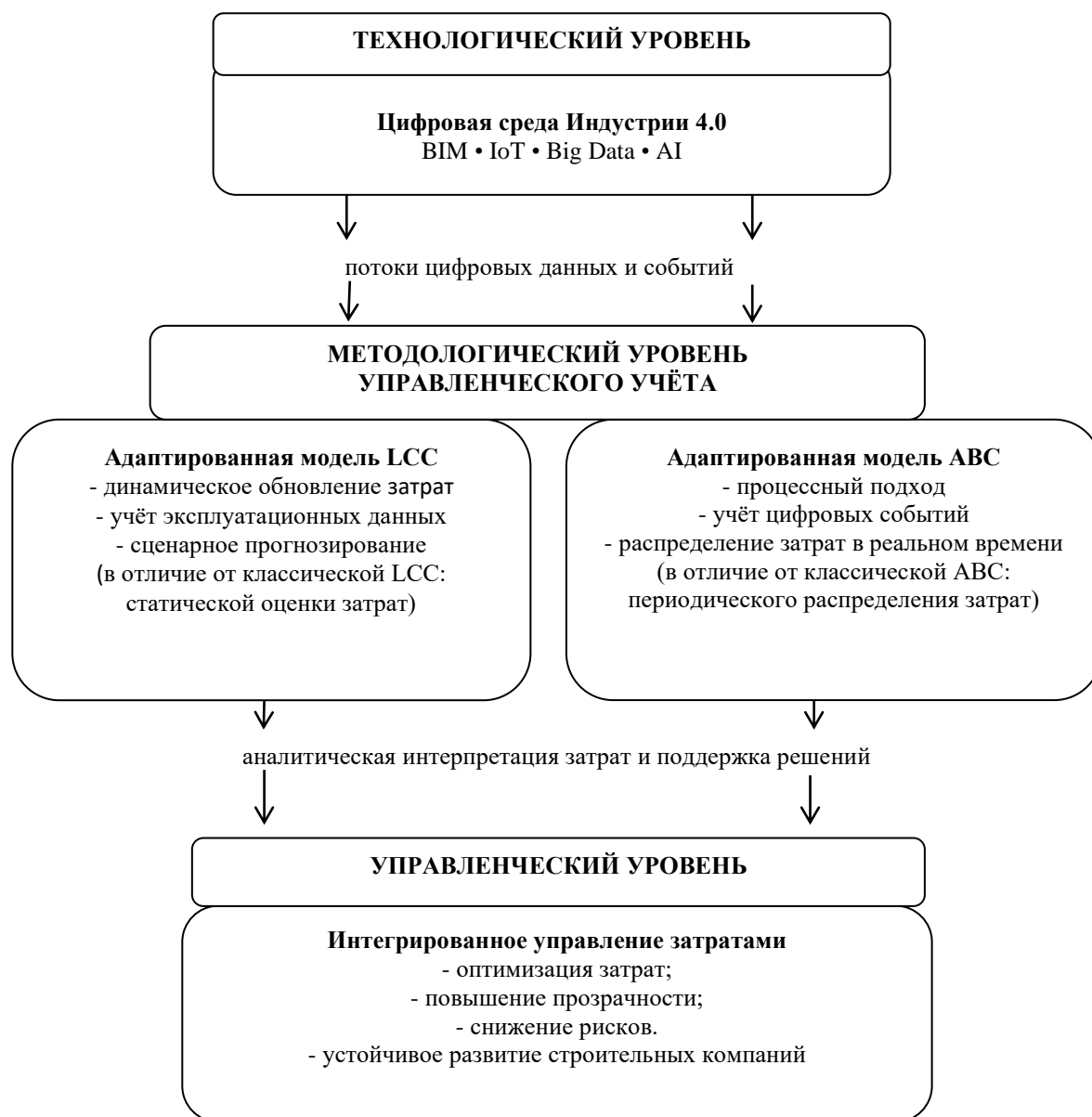
**Рисунок 3** - Степень влияния ключевых барьеров цифровизации

Примечание: составлено авторами на основе экспертной оценки и контент-анализа интервью с представителями строительных компаний Казахстана

**Таблица 3** - Влияние технологий Индустрии 4.0 на строительные проекты

Технология	Управление затратами	Сроки проекта	Безопасность
ВIM	Повышение точности планирования, снижение издержек	Ускорение проектирования и выполнения	Снижение рисков за счёт точных данных
IoT	Оптимизация ресурсов, снижение потерь	Сокращение простоев оборудования	Мониторинг состояния объектов
Big Data	Аналитическая поддержка управления затратами	Оперативная корректировка планов	Прогнозирование рисков
AI	Автоматизация и прогнозирование затрат	Ускорение принятия решений	Интеллектуальный контроль и предсказание рисков
Примечание: составлено авторами на основе источника [19]			

Результаты статистического анализа и экспертных оценок показывают, что внедрение технологий Индустрии 4.0 в строительстве приводит к изменению отдельных параметров управления затратами, к трансформации общей логики их формирования, распределения и контроля. Выявленные эффекты цифровизации, а также институциональные и организационные ограничения обуславливают необходимость перехода от фрагментарного использования цифровых решений к целостной модели управления затратами, интегрированной в систему управленческого учёта. В этой связи предложена авторская модель адаптации методов LCC и ABC к условиям Индустрии 4.0, основанная на интеграции цифровых данных и поддержке управленческих решений в реальном времени (рисунок 4).



**Рисунок 4** – Авторская концептуальная модель адаптации методов LCC и ABC к условиям Индустрии 4.0 в строительстве

Примечание: разработано авторами

Практическая реализация модели в строительной отрасли Казахстана в настоящее время ограничена уровнем цифровизации компаний, кадровыми и финансовыми факторами, что отражено в оценке готовности организаций к её внедрению (таблица 4).



**Таблица 4** - Уровень цифровизации в строительной отрасли Казахстана

Аспект	Текущее состояние	Уровень
Стратегия цифровизации	Отсутствует	Низкий
Автоматизация процессов	Локальная (учёт, запасы)	Низкий
Служба цифровизации	Не сформирована	Отсутствует
Внедрение ИТ-систем	Частичное (1С, ТООР)	Частичный
Финансовые ограничения	Существенные	Высокие
Квалификация персонала	Недостаточная	Низкий
Обучение персонала	Эпизодическое	Низкий

Примечание: составлено авторами на основе источника [20]

Таблица 5 демонстрирует проблемы правового регулирования в строительстве, такие как отсутствие четких норм для регулирования новых технологий и стандартов безопасности данных. Решение этих вопросов, в том числе через внедрение обязательных стандартов кибербезопасности, станет ключевым для дальнейшего развития цифровой трансформации в строительной отрасли Казахстана.

**Таблица 5** - Проблемы правового регулирования цифровизации в строительстве

Проблема	Описание	Решение
Несоответствие законодательной базы Индустрии 4.0	Отсутствие четких норм для регулирования новых технологий	Разработка новых законодательных актов с учетом технологий Индустрии 4.0
Отсутствие стандартов безопасности данных	Угроза утечек и несанкционированного доступа к данным	Внедрение обязательных стандартов кибербезопасности для строительных данных

Примечание: составлено авторами на основе источника [20]

Внедрение предложенных мер по совершенствованию законодательства и созданию новых стандартов для технологий Индустрии 4.0 значительно ускорит процесс цифровизации строительной отрасли Казахстана. Поддержка кибербезопасности и создание четкой нормативно-правовой базы для новых технологий помогут строительным компаниям эффективно интегрировать инновации, такие как BIM, IoT, Big Data и AI, что в свою очередь повысит их конкурентоспособность и обеспечит долгосрочную устойчивость отрасли. Таким образом, дальнейшая работа в этом направлении требует комплексного подхода, включающего не только технологические, но и правовые, кадровые и финансовые инициативы.

**Заключение.** Цифровая трансформация строительной отрасли, связанная с внедрением технологий Индустрии 4.0, приводит к пересмотру традиционных подходов к управлению затратами. Использование BIM, IoT, Big Data и инструментов искусственного интеллекта изменяет способы формирования, распределения и контроля затрат, смещая акцент с постфактум-анализа на управление, основанное на данных в режиме, близком к реальному времени.

Результаты исследования показывают, что методы LCC и ABC в цифровой среде утрачивают статичный характер. Их адаптация позволяет учитывать динамику затрат на протяжении жизненного цикла строительного проекта, повышать точность управленческих оценок и снижать неопределённость при принятии решений, включая их в контур управленческого учёта и управленческих решений организации.



Существенным результатом работы является обоснование сопряжения методов LCC и ABC с технологиями Индустрии 4.0 в рамках единой концептуальной модели управления затратами. В предложенной интерпретации управление затратами рассматривается как сквозной процесс, встроенный в цифровую архитектуру компании и связанный с планированием, контролем рисков и оценкой эффективности проектов.

Практическая значимость результатов исследования состоит в подтверждении зависимости устойчивости и конкурентоспособности строительных компаний от уровня внедрения цифровых технологий в систему учёта затрат и организационные процессы управления, что оказывает влияние на долгосрочное развитие отрасли.

Таким образом, результаты проведённого исследования подтверждают выдвинутую гипотезу о том, что внедрение технологий Индустрии 4.0 способствует повышению эффективности управления затратами и укреплению устойчивости строительных компаний. Предложенная авторская модель расширяет теоретические представления о трансформации управленческого учёта в строительной отрасли и может служить основой для практического совершенствования систем управления затратами. Ограничением исследования является концептуальный характер разработанной модели и её фокус на условиях строительной отрасли Республики Казахстан, что определяет необходимость дальнейшей эмпирической апробации предложенных решений. Перспективы последующих исследований связаны с количественной оценкой экономического эффекта цифровизации управления затратами и сравнительным анализом внедрения технологий Индустрии 4.0 в строительных компаниях различных стран.

## Список литературы

1. Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023-2029 годы: Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 269 [Электронный ресурс]. - URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269> (дата обращения: 28.05.2025).
2. Khan A.A., Bello A.O., Arqam M., Ullah F. Integrating Building Information Modelling and Artificial Intelligence in Construction Projects: A Review of Challenges and Mitigation Strategies // *Technologies*. - 2024. - Vol. 12. - P. 185. DOI: /technologies12100185.
3. Rane N. Integrating Building Information Modelling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Construction Schedule, Cost, Quality, and Safety Management: Challenges and Opportunities // *SSRN Electronic Journal*. - 2023. - No. 6. -DOI: 10.2139/ssrn.4616055.
4. Sepasgozar S.M.E., Costin A.M., Karimi R., Shirowzhan S., Abbasian E., Li J. BIM and Digital Tools for State-of-the-Art Construction Cost Management // *Buildings*. - 2022. - Vol. 12. - No. 4. DOI: 10.3390/buildings12040396.
5. Du X. Construction Cost Simulation Based on Artificial Intelligence and BIM // *Scientific Programming*. - 2021.- Vol. 2021. - e.9744286. DOI: 10.1155/2021/9744286.
6. Zabala-Vargas S., Jaimes-Quintanilla M., Jimenez-Barrera M.H. Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review // *Buildings*. - 2023. - Vol. 13. - No. 12. - e.2944. DOI: 10.3390/buildings13122944.
7. Soleymani M., Bonyani M., Attarzadeh M. Autonomous resource management in construction companies using deep reinforcement learning based on IoT // *arXiv*. - 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2208.08087.
8. Althoeya F., Waqar A., Alsulamy S.H., Falqi I.I., Abuhussain M., Abuhussain M.A. Influence of IoT implementation on resource management in construction // *Heliyon*. - 2024. - Vol. 10. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32193.
9. Qi Y. Influence of psychological capital construction on human resource management from the perspective of employee engagement // *Revista Argentina de Clínica Psicológica*. - 2020. - Vol. 29. - No. 2. - P. 530-535. DOI: 10.24205/03276716.2020.273.



10. Gamil Y., Abdullah M.A., Abd Rahman I., Asad M.M. Internet of Things in construction industry revolution 4.0: recent trends and challenges in the Malaysian context // *Journal of Engineering, Design and Technology*. - 2020. DOI: 10.1108/JEDT-06-2019-0164.
11. Begić H., Galić M. A systematic review of construction 4.0 in the context of the BIM 4.0 premise // *Buildings*. - 2021. DOI: 10.3390/buildings11080337.
12. Dong Y., Zhang H., Li L. Mechanism construction of human resource management based on blockchain technology // *Journal of Systems Science and Information*. - 2021. DOI: 10.21078/JSSI-2021-310-11.
13. Madanayake U.H., Seidu R.D., Young B.E. Investigating the skills and knowledge requirements for IoT implementation in construction // *Proceedings of the 5th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. - Detroit, USA, 2020. DOI: 10.1109/IEOM.2020.9212124.
14. Бюро национальной статистики Республики Казахстан. О выполнении строительных работ и вводе в эксплуатацию объектов в Республике Казахстан [Электронный ресурс]. - URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-inno-build/spreadsheets/> (дата обращения: 24.05.2025).
15. QazIndustry. Объем строительных работ в Республике Казахстан в 2024 году [Электронный ресурс]. - 2025. - URL: <https://qazindustry.gov.kz/docs/otchety/291727435707.docx> (дата обращения: 24.05.2025).
16. McKinsey & Company. Reinventing construction: A route to higher productivity [Электронный ресурс]. - 2017. - URL: <https://globalbim.org/info-collection/reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity/> (дата обращения: 28.05.2025).
17. PwC. Industry 4.0: Building the digital enterprise - Construction key findings [Электронный ресурс]. - 2019. - URL: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/engineering-construction-architecture/assets/pwc-industry-4-0-building-the-digital-enterprise.pdf> (дата обращения: 28.05.2025).
18. Deloitte. Digital Construction: The transformative power of data [Электронный ресурс]. - 2020. - URL: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/real-estate/articles/digital-construction-the-transformative-power-of-data.html> (дата обращения: 28.05.2025).
19. Royal Institution of Chartered Surveyors. Digitalisation in construction report 2024. - London, 2024. - 12 p. [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.rics.org> (дата обращения: 24.05.2025).
20. Цифровизация строительства Казахстана 2023: переходим на BIM [Электронный ресурс]. - URL: <https://cadsystems.kz/tpost/ef8hjse751-tsifrovizatsiya-stroitelstva-kazahstana> (дата обращения: 24.05.2025).

## References

1. Ob utverzhdenii Kontseptsii tsifrovoi transformatsii, razvitiya otrasli informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologii i kiberbezopasnosti na 2023-2029 gody: Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 28 marta 2023 goda No. 269. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000269> (accessed 28.05.2025).
2. Khan A.A., Bello A.O., Arqam M., Ullah F. Integrating Building Information Modelling and Artificial Intelligence in Construction Projects: A Review of Challenges and Mitigation Strategies. *Technologies*, 2024, 12, p. 185. DOI: 10.3390/technologies12100185.
3. Rane N. Integrating Building Information Modelling (BIM) and Artificial Intelligence (AI) for Smart Construction Schedule, Cost, Quality, and Safety Management: Challenges and Opportunities. *SSRN Electronic Journal*, 2023, 6. DOI: 10.2139/ssrn.4616055.
4. Sepasgozar S.M.E., Costin A.M., Karimi R., Shirowzhan S., Abbasian E., Li J. BIM and Digital Tools for State-of-the-Art Construction Cost Management. *Buildings*, 2022, 12(4). DOI: 10.3390/buildings12040396.
5. Du X. Construction Cost Simulation Based on Artificial Intelligence and BIM. *Scientific Programming*, 2021, 2021, e.9744286. DOI: 10.1155/2021/9744286.
6. Zabala-Vargas S., Jaimes-Quintanilla M., Jimenez-Barrera M.H. Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 2023, 13(12), e.2944. DOI: 10.3390/buildings13122944.
7. Soleymani M., Bonyani M., Attarzadeh M. Autonomous Resource Management in Construction Companies Using Deep Reinforcement Learning Based on IoT. *arXiv*, 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2208.08087.



8. Althoeya F., Waqar A., Alsulamy S.H., Falqi I.I., Abuhussain M., Abuhussain M.A. Influence of IoT Implementation on Resource Management in Construction. *Heliyon*, 2024, 10. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32193.
9. Qi Y. Influence of Psychological Capital Construction on Human Resource Management from the Perspective of Employee Engagement. *Revista Argentina de Clínica Psicológica*, 2020, 29(2), pp. 530-535. DOI: 10.24205/03276716.2020.273.
10. Gamil Y., Abdullah M.A., Abd Rahman I., Asad M.M. Internet of Things in Construction Industry Revolution 4.0: Recent Trends and Challenges in the Malaysian Context. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 2020. DOI: 10.1108/JEDT-06-2019-0164.
11. Begić H., Galić M. A Systematic Review of Construction 4.0 in the Context of the BIM 4.0 Premise. *Buildings*, 2021. DOI: 10.3390/buildings11080337.
12. Dong Y., Zhang H., Li L. Mechanism Construction of Human Resource Management Based on Blockchain Technology. *Journal of Systems Science and Information*, 2021. DOI: 10.21078/JSSI-2021-310-11.
13. Madanayake U.H., Seidu R.D., Young B.E. Investigating the Skills and Knowledge Requirements for IoT Implementation in Construction. *Proceedings of the 5th North American International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Detroit, USA, 2020. DOI: 10.1109/IEOM.2020.9212124.
14. Byuro natsional'noi statistiki Respubliki Kazakhstan. O vypolnenii stroitel'nykh rabot i vvede-nii v ekspluatatsiyu ob'ektov v Respublike Kazakhstan. Available at: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-inno-build/spreadsheets/> (accessed 24.05.2025).
15. QazIndustry. Ob'em stroitel'nykh rabot v Respublike Kazakhstan v 2024 godu. Available at: <https://qazindustry.gov.kz/docs/otchety/291727435707.docx> (accessed 24.05.2025).
16. McKinsey & Company. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. Available at: <https://globalbim.org/info-collection/reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity/> (accessed 28.05.2025).
17. PwC. Industry 4.0: Building the Digital Enterprise - Construction Key Findings. Available at: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/engineering-construction-architecture/assets/pwc-industry-4-0-building-the-digital-enterprise.pdf> (accessed 28.05.2025).
18. Deloitte. Digital Construction: The Transformative Power of Data. Available at: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/real-estate/articles/digital-construction-the-transformative-power-of-data.html> (accessed 28.05.2025).
19. Royal Institution of Chartered Surveyors. Digitalisation in Construction Report 2024. London, 2024. Available at: <https://www.rics.org> (accessed 24.05.2025).
20. Tsifrovizatsiya stroitel'stva Kazakhstana 2023: perekhod na BIM. Available at: <https://cadsystems.kz/tpost/ef8hjse751-tsfrovizatsiya-stroitelstva-kazahstana> (accessed 24.05.2025).

## ИНДУСТРИЯ 4.0 КОНТЕКСТІНДЕГІ ҚҰРЫЛЫС ИНДУСТРИЯСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫНЫҢ ФАКТОРЫ РЕТІНДЕ ШЫҒЫНДАРДЫ БАСҚАРУ

Н.А. Бозгулова<sup>1</sup>, Д.И. Закирова<sup>2</sup>, А.Т. Сисенова<sup>2</sup>, Г.С. Қаипова<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Каспий қоғамдық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>«Тұран» университеті, Алматы, Қазақстан

**Түйін.** Зерттеудің өзектілігі Индустрия 4.0 жағдайында құрылыс саласының жедел цифрлық трансформациясымен және шығындарды басқарудың құрылыс компанияларының тұрақты дамуын қамтамасыз ететін маңызды фактор ретіндегі рөлінің артуымен айқындалады. Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), Big Data және жасанды интеллект (AI) технологияларын енгізу құрылыс жобаларының өмірлік циклі бойында шығындарды қалыптастыру, болжау және бақылау тәсілдерін елеулі түрде өзгертуде. Зерттеудің мақсаты - құрылыс саласындағы шығындарды басқарудың заманауи тәсілдерін талдау, дәстүрлі LCC және ABC модельдерінің цифрландыру жағдайына бейімделу мүмкіндіктеріне басымдық беру. Зерттеудің әдіснамалық негізін цифрлық технологиялар енгізілгенге дейінгі және кейінгі шығындарды басқару тәжірибелерін салыстырмалы талдау, 2020-2024 жылдардағы статистикалық және салалық деректерге жүргізілген құжаттық



талдау, сондай-ақ Қазақстандағы құрылыс ұйымдарын цифрландырудың әсерлері мен кедергілерін сараптамалық бағалау құрайды. Зерттеу нәтижелері цифрлық құралдарды қолдану сметалық есептеулердің дәлдігін арттыруға, ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға және жанама шығындарды қысқартуға ықпал ететінін, сонымен қатар құрылыс жобаларының ашықтығы мен басқарылуын күшейтетінін көрсетеді. Индустрия 4.0 технологияларын шығындарды басқару жүйесіне интеграциялау құрылыс компанияларының қаржылық тұрақтылығын арттыру мен ұзақ мерзімді дамуының негізін қалыптастыратыны туралы қорытынды жасалды.

**Түйінді сөздер:** шығындарды басқару, Индустрия 4.0, тұрақты даму, құрылыс индустриясы, цифрландыру, инновациялық технологиялар.

## **COST MANAGEMENT AS A FACTOR IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0**

**N.A. Bozgulova<sup>1</sup>, D.I. Zakirova<sup>2</sup>, A.T. Sisenova<sup>2</sup>, G.S. Kaipova<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Caspian Public University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Turan University, Almaty, Kazakhstan

**Summary.** The relevance of this study is determined by the accelerated digital transformation of the construction industry and the growing role of cost management as a factor in sustainable development of construction companies. The implementation of Building Information Modeling, Internet of Things, Big Data, and artificial intelligence technologies is changing approaches to cost formation, forecasting, and control throughout the lifecycle of construction projects. The aim of this study is to analyze modern cost management approaches in the construction industry, focusing on the adaptability of traditional LCC and ABC models to the digitalization environment. The methodological basis of the study consists of comparative analysis of cost management practices before and after the introduction of digital technologies, documentary analysis of statistical and industry data for 2020-2024, and expert assessment of the effects and barriers to digitalization of construction organizations in Kazakhstan. The results demonstrate that the use of digital tools improves the accuracy of cost estimates, optimizes resource utilization, and reduces indirect costs, while enhancing the transparency and manageability of construction projects. It is concluded that the integration of Industry 4.0 technologies into cost management systems forms the basis for increased financial stability and long-term development of construction companies.

**Keywords:** cost management, Industry 4.0, sustainable development, construction industry, digitalization, innovative technologies.

### **Информация об авторах:**

**Бозгулова Назым Амирбековна** - PhD, Каспийский Общественный Университет, Алматы, Казахстан, e-mail: bozgulovanazym@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8451-7354>

**Закирова Дильнара Икрамхановна** - PhD, Университет «Туран», Алматы, Казахстан, e-mail: ulasdila@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-959X>

**Сисенова Асель Турсынғалиевна** - кандидат экономических наук, Университет «Туран», Алматы, Казахстан, e-mail: a.sissenova@turan-edu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5187-3843>

**Каипова Гульнара Салимовна\*** - кандидат экономических наук, Университет «Туран», Алматы, Казахстан, e-mail: kaipova.g.s@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1004-9177>

### **Авторлар туралы ақпарат:**

**Бозгулова Назым Амирбековна** - PhD, Каспий қоғамдық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: bozgulovanazym@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8451-7354>

**Закирова Дильнара Икрамхановна** - PhD, «Туран» университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: ulasdila@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-959X>

**Сисенова Асель Турсынғалиевна** - экономика ғылымдарының кандидаты, «Туран» университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: a.sissenova@turan-edu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5187-3843>



**Каипова Гүльнара Салимовна\*** - экономика ғылымдарының кандидаты, «Тұран» университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: [kaipova.g.s@gmail.com](mailto:kaipova.g.s@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1004-9177>

**Information about authors:**

**Bozgulova Nazym Amirbekovna** - PhD, Caspian Public University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [bozgulovanazym@gmail.com](mailto:bozgulovanazym@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8451-7354>

**Zakirova Dilnara Ikramkhanovna** - PhD, Turan University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [ulasdila@gmail.com](mailto:ulasdila@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-959X>

**Sissenova Assel Tursyngaliyevna** - candidate of economic sciences, Turan University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [a.sissenova@turan-edu.kz](mailto:a.sissenova@turan-edu.kz), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5187-3843>

**Каипова Гүльнара Салимовна\*** - candidate of economic sciences, Turan University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: [kaipova.g.s@gmail.com](mailto:kaipova.g.s@gmail.com), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1004-9177>

Получено: 29.05.2025

Принято к рассмотрению: 29.08.2025

Доступно онлайн: 31.03.2026