

**ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ/HYDRAULIC
ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.64.4>

**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ БЕРЕЖЛИВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Научная статья

Кадысева А.А.^{1,*}, Максимова С.В.², Миронов В.В.³, Мартынова Н.Б.⁴, Беда Д.А.⁵

¹ORCID : 0000-0001-8703-5684;

²ORCID : 0000-0002-5141-1120;

^{1,4,5} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, Российская
Федерация

^{2,3} Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (kadyseva[at]mail.ru)

Аннотация

В статье исследуются теоретические и практические аспекты внедрения бережливых технологий в гидротехническое строительство. Основное внимание уделяется адаптации методов бережливого производства к специфике отрасли, включая управление водными рисками, оптимизацию логистики и контроль качества. Анализируются ключевые проблемы внедрения и предлагаются пути их решения. Рассматриваются особенности применения инструментов бережливого производства при реализации гидротехнических проектов. Особое внимание уделяется анализу преимуществ внедрения бережливых технологий, которые включают повышение эффективности производственных процессов, снижение издержек, улучшение качества строительства и оптимизацию использования ресурсов. Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных результатов при планировании и реализации гидротехнических проектов, что способствует повышению их эффективности и качества.

Ключевые слова: бережливое производство, гидротехническое строительство, оптимизация процессов, эффективность строительства, управление проектами.

**PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF LEAN TECHNOLOGY IN HYDRAULIC ENGINEERING
CONSTRUCTION**

Research article

Kadyseva A.A.^{1,*}, Maksimova S.V.², Mironov V.V.³, Martinova N.B.⁴, Beda D.A.⁵

¹ORCID : 0000-0001-8703-5684;

²ORCID : 0000-0002-5141-1120;

^{1,4,5} Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian
Federation

^{2,3} Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (kadyseva[at]mail.ru)

Abstract

The article examines the theoretical and practical aspects of introducing lean technology into hydraulic engineering. The main focus is on adapting lean manufacturing methods to the specifics of the industry, including water risk management, logistics optimisation, and quality control. Key implementation issues are analysed and solutions are suggested. The paper reviews the particularities of applying lean manufacturing tools in the process of implementing hydraulic engineering projects. Particular attention is paid to analysing the advantages of introducing lean technologies, which include increasing the efficiency of production processes, reducing costs, improving construction quality and optimising the use of resources. The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained results in the planning and execution of hydraulic engineering projects, which contributes to increasing their efficiency and quality.

Keywords: lean manufacturing, hydraulic engineering, process optimisation, construction efficiency, project management.

Введение

В современной строительной индустрии наблюдается тенденция к активному использованию инновационных подходов к организации производства. Строительство гидротехнических сооружений выделяется среди прочих направлений своей высокой стоимостью реализации и сложностью технологических процессов. Реализация подобных проектов требует существенных инвестиций и продолжительных временных затрат.

Характерные черты данного направления формируются под влиянием множества факторов. Каждое гидротехническое сооружение обладает индивидуальными особенностями проектирования и строительства. При этом большие объёмы строительных работ выполняются на сравнительно небольших площадках, что требует высокой организованности и оперативности.

Современные подходы к организации строительного процесса в гидротехническом секторе позволяют значительно усовершенствовать управление проектами. Это способствует рациональному использованию ресурсов, снижению затрат и достижению высоких показателей качества при строгом соблюдении требований безопасности [1].

Внедрение бережливых технологий позволяет оптимизировать производственные процессы, сократить издержки и повысить качество выполняемых работ.

Целью исследования является разработка теоретически обоснованной и практически применимой системы адаптации инструментов бережливого производства (Lean Construction) в процессы гидротехнического строительства для оптимизации управления проектами, минимизации ресурсных потерь и совершенствования логистических схем с созданием эффективной методологической базы внедрения.

Актуальность исследования связана с необходимостью повышения эффективности гидротехнического строительства и снижения отраслевых проблем путем внедрения системы бережливых технологий.

В качестве *объекта* исследования определены производственные процессы в сфере гидротехнического строительства. *Предмет исследования* охватывает методы и инструменты бережливого производства, адаптированные к специфике данной отрасли.

Основные результаты

В современных условиях развития гидротехнического строительства выявляются определённые риски, связанные с особенностями проектного управления и организацией строительных работ. При отсутствии эффективной системы координации между участниками строительного процесса существует вероятность возникновения ресурсных потерь, простоев технологического оборудования и отклонений от проектных параметров.

Значительный риск представляет возможность нарушения установленных сроков строительства гидротехнических сооружений. Данный фактор может быть обусловлен различными обстоятельствами, включая сезонность проведения работ и сложность технологических процессов. Анализ практики реализации проектов показывает, что на отдельных объектах, таких как Красногорский гидроузел в Омске, имели место случаи временных отклонений, связанных с организационными и финансовыми аспектами.

К числу потенциальных рисков также относится снижение производственной эффективности при выполнении строительно-монтажных работ, возможное отклонение от установленных стандартов качества, нарушения в системе материально-технического обеспечения, дефицит квалифицированных специалистов на строительных площадках и несвоевременное выполнение требований промышленной безопасности.

В сфере гидротехнического строительства формируется комплекс потенциальных угроз, которые при отсутствии своевременной превентивной работы могут спровоцировать ряд серьёзных проблем, требующих оперативного вмешательства [2]. Особую озабоченность вызывает возможность адаптации отрасли к меняющимся условиям, включая как законодательные изменения, так и климатические факторы. В связи с этим особую актуальность приобретает внедрение современных методов управления и принципов бережливого производства, которые позволяют минимизировать возможные негативные последствия и обеспечить стабильное развитие гидротехнического строительства в долгосрочной перспективе.

Применение инструментов бережливого производства обеспечивает повышение прозрачности системы управления строительными проектами и снижение вероятности возникновения проблемных ситуаций.

Концепция бережливого строительства берёт своё начало в методологии бережливого производства (БП), которая была разработана в 1950-х годах в компании Toyota, которая впоследствии легла в основу глобального развития принципов бережливого производства [3]. Ключевым элементом данной концепции является борьба с потерями и действиями, не создающими добавленной ценности для конечного потребителя [4], [5], [6], [7].

В основе концепции лежит фундаментальное разделение всех производственных операций на две категории: создающие ценность продукта и являющиеся потерями. Согласно этому принципу, все ресурсы и действия предприятия должны использоваться максимально рационально, исключая любые операции, не добавляющие ценности конечному продукту.

Реализация принципов бережливого производства формирует эффективную модель управления строительными проектами в гидротехническом строительстве. Комплексный подход позволяет минимизировать риски и обеспечить высокое качество конечной продукции [8].

На основе анализа практик внедрения бережливого производства разработана система мероприятий, учитывающая специфику отрасли. Ключевое направление — оптимизация логистики, включая своевременную доставку оборудования и материалов с учётом сезонных колебаний уровня воды.

Производственные процессы на строительных площадках требуют строгой стандартизации и внедрения системы 5S. Особое внимание уделяется контролю качества, особенно показателям водонепроницаемости и надёжности конструкций. Система мониторинга уровня воды и защита от подтоплений обеспечивают безопасность работ.

В гидротехническом строительстве эффективно применяются различные инструменты бережливого производства: система вытягивающего производства оптимизирует поставки с учётом сезонности, методика 5S помогает организовать рабочие пространства, кайдзен способствует постоянному совершенствованию технологий, TQM и JIT обеспечивают контроль качества и оптимизацию поставок, а BIM-технологии выступают ключевым инструментом цифровизации.

Современные технологии — TPM, VSM, CAD и «Шесть сигм» — дополняют систему управления проектами. Их комплексное внедрение создаёт эффективную адаптивную систему, обеспечивающую высокое качество строительства [9].

Интеграция BIM [10] с другими инструментами бережливого производства создаёт синергетический эффект, повышая эффективность управления проектами и оптимизируя все производственные процессы — от проектирования до эксплуатации.

Особую значимость приобретает интеграция BIM с другими инструментами бережливого производства. Такой синергетический эффект может значительно повысить эффективность управления строительными проектами, позволяя максимально реализовать потенциал каждой технологии.

При внедрении бережливого производства в гидротехническое строительство могут возникнуть различные барьеры: технологические сложности интеграции новых методов, организационное сопротивление персонала и слабая координация подразделений, значительные финансовые затраты на переобучение и модернизацию при длительных сроках окупаемости, дефицит квалифицированных кадров, нормативно-правовые ограничения, а также влияние природных факторов — климатических условий, гидрологического режима, рельефа и геологии площадки, что требует комплексного подхода к их преодолению (табл. 1).

Таблица 1 - Ограничения и барьеры внедрения бережливых технологий в гидротехническое строительство

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.64.4.1>

Тип ограничения/барьера	Описание	Возможные последствия	Пути преодоления
Технологические барьеры			
Сложность интеграции	Трудности внедрения новых технологий в существующие производственные процессы	Снижение эффективности работы, сбой в производстве	Поэтапное внедрение, пилотные проекты
Специфика оборудования	Несовместимость существующего оборудования с принципами бережливого производства	Ограничение возможностей оптимизации	Модернизация оборудования, замена устаревшего
Организационные барьеры			
Сопротивление персонала	Нежелание менять устоявшиеся процессы и методы работы	Замедление внедрения, саботаж нововведений	Обучение, мотивация, вовлечение сотрудников в процесс изменений
Недостаточная координация	Проблемы взаимодействия между подразделениями	Нарушение производственных процессов, снижение эффективности	Разработка чётких регламентов, улучшение коммуникации
Финансовые барьеры			
Высокие начальные затраты	Необходимость значительных инвестиций в переобучение, новое оборудование	Затягивание внедрения, сокращение бюджета на другие нужды	Поиск альтернативных источников финансирования, постепенное внедрение
Риск увеличения сроков окупаемости	Возможное увеличение сроков возврата инвестиций	Снижение инвестиционной привлекательности проекта	Оптимизация затрат, поиск дополнительных источников дохода
Кадровые барьеры			
Недостаточная квалификация	Отсутствие у персонала необходимых знаний и навыков	Ошибки в реализации, снижение качества работ	Обучение, привлечение внешних экспертов
Текущность кадров	Уход квалифицированных специалистов	Срыв сроков внедрения, потеря знаний	Система мотивации, создание комфортных условий труда
Нормативно-правовые барьеры			
Сложность адаптации	Необходимость приведения процессов в соответствие с нормативными требованиями	Задержки в реализации, дополнительные затраты	Работа с регулирующими органами, привлечение юристов
Бюрократические преграды	Излишняя зарегулированность процессов	Замедление внедрения, увеличение издержек	Оптимизация документооборота, автоматизация процессов
Природные факторы			
Влияние климата	Зависимость от	Нарушение графиков,	Планирование с учётом

Тип ограничения/барьера	Описание	Возможные последствия	Пути преодоления
	погодных условий, сезонность работ	увеличение затрат	климатических особенностей, создание резервных фондов
Гидрологический режим	Необходимость учёта уровня воды и других природных факторов	Ограничение возможностей оптимизации	Мониторинг, прогнозирование, адаптация процессов

Примечание: составлена авторами

Анализ рисков внедрения бережливых технологий в строительную отрасль выявляет ряд существенных проблем. Основными препятствиями выступают сопротивление персонала, консервативная корпоративная культура и значительные первоначальные инвестиции в обучение, модернизацию ПО и привлечение консультантов. Особую сложность представляет адаптация стандартных инструментов к уникальным проектам.

Характерной проблемой является риск формального внедрения, когда организации ограничиваются поверхностным использованием отдельных инструментов без понимания философии непрерывного совершенствования. Реакция предприятий на изменения неоднородна: на начальном этапе преобладает скептицизм, который постепенно сменяется принятием при достижении первых положительных результатов.

Успешные организации в долгосрочной перспективе переходят к проактивному управлению, основанному на принципах непрерывного совершенствования. Это формирует конкурентное преимущество через оптимизацию затрат и повышение предсказуемости сроков. Однако предприятия, не преодолевшие начальные трудности, могут полностью отказаться от бережливых технологий.

При этом внедрение бережливых технологий обеспечивает существенные преимущества - оптимизацию производственных процессов, повышение эффективности использования ресурсов и создание основы для устойчивого развития предприятия (табл. 2).

Таблица 2 - Преимущества от внедрения бережливых технологий в гидротехническое строительство

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2025.64.4.2>

Категория преимуществ	Основные преимущества
Операционные	Оптимизация процессов и сокращение потерь Повышение эффективности координации Улучшение качества и надёжности Снижение издержек Ускорение строительства
Экономические	Рост рентабельности Улучшение окупаемости Оптимизация бюджета Снижение рисков Усиление конкурентных позиций
Кадровые	Развитие персонала Укрепление командного взаимодействия Систематизация опыта
Стратегические	Инновационное развитие Экологическая эффективность Устойчивый рост Улучшение репутации Адаптивность к изменениям
Долгосрочные	Технологическое лидерство Рыночная устойчивость Инвестиционная привлекательность Социальная ответственность Инновационный потенциал

Примечание: составлена авторами

Внедрение бережливого производства создаст прочную основу для устойчивого развития предприятий в сфере гидротехнического строительства, обеспечивая их конкурентоспособность в долгосрочной перспективе и способствуя повышению эффективности отрасли в целом.

Заключение

Комплексное применение инструментов бережливого производства позволяет существенно повысить эффективность строительных проектов, минимизировать производственные потери и обеспечить высокое качество возводимых объектов. Внедрение бережливых технологий способствует оптимизации координации участников строительного процесса, рациональному использованию материально-технических ресурсов, эффективному контролю качества и соблюдению установленных сроков реализации проектов. Особое значение приобретает адаптация инструментов бережливого производства к специфике гидротехнического строительства с учетом влияния природных факторов и сложности технологических процессов.

Дальнейшее развитие данного направления требует продолжения исследований в области адаптации существующих инструментов к специфике гидротехнического строительства и разработки новых методологических подходов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Расторгуев И.Е. Особенности гидротехнического строительства как объекта инвестиций. / И.Е. Расторгуев // Транспортное дело России. — 2017. — 1. — С. 124–126.
2. Румянцев И.С. Проблемы гидротехнического строительства в России. / И.С. Румянцев // Природообустройство. — 2008. — 1. — С. 12–17.
3. Krijnen A. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer / A. Krijnen // Action Learning: Research and Practice. — 2007. — 4. — P. 176–183.
4. Бельш К. Комплексный подход к внедрению и оценке эффективности проектов по бережливому производству на промышленном предприятии. / К. Бельш // Вопросы инновационной экономики. — 2018. — 3. — С. 513–530.
5. Горелик П.И. Бережливое строительство как инновационный метод управления строительством / П.И. Горелик // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2014. — 12(27). — С. 35–41.
6. Набока А.А. Бережливое строительство. Совершенствование инструмента последний планировщик / А.А. Набока, Д.И. Куценко // Синергия Наук. — 2018. — 23. — С. 19–23.
7. Соловьева Е.В. Адаптация строительных организаций России для эффективного внедрения и применения инновационных методов Бережливого строительства / Е.В. Соловьева, А.Г. Даниелова // Вестник Евразийской науки. — 2020. — 6. — С. 129–136.
8. Aslam M. Framework for selection of lean construction tools based on lean objectives and functionalities / M. Aslam, Z. Gao, G. Smith // International Journal of Construction Management. — 2020. — 22. — P. 87.
9. Sarhan J. Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry / J. Sarhan, B. Xia, S. Fawzia et al. // Construction Economics and Building. — 2017. — 17.
10. Гевара Рада Л.Т. Технологии информационного моделирования (BIM) как основа бережливого строительства / Л.Т. Гевара Рада, В.И. Мартынов, Е.А. Радионова и др. // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. — 2022. — 1. — С. 12–19.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rastorguev I.E. Osobennosti gidrotexnicheskogo stroitel'stva kak ob'ekta investitsij [Features of hydraulic engineering construction as an investment object]. / I.E. Rastorguev // Russian transport business. — 2017. — 1. — P. 124–126. [in Russian]
2. Romyancev I.S. Problemy' gidrotexnicheskogo stroitel'stva v Rossii [Problems of hydraulic engineering in Russia]. / I.S. Romyancev // Environmental management. — 2008. — 1. — P. 12–17. [in Russian]
3. Krijnen A. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer / A. Krijnen // Action Learning: Research and Practice. — 2007. — 4. — P. 176–183.
4. Belysh K. Kompleksny'j podxod k vnedreniyu i ochenke e'ffektivnosti proektov po berezhlivomu proizvodstvu na promy'shlenom predpriyatii [Multipurpose approach to implementation and evaluation the efficiency of the projects on lean production in industrial enterprises]. / K. Belysh // Russian Journal of Innovation Economics. — 2018. — 3. — P. 513–530. [in Russian]
5. Gorelik P.I. Berezhlivoe stroitel'stvo kak innovatsionnii metod upravleniya stroitel'stvom [Lean construction as an innovative method of construction management] / P.I. Gorelik // Stroitel'stvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy [Construction of unique buildings and structures]. — 2014. — 12(27). — P. 35–41. [in Russian]

6. Naboka A.A. Berezhlivoe stroitelstvo. Sovershenstvovanie instrumenta poslednii planirovshchik [Lean construction. Improving the latest planner tool] / A.A. Naboka, D.I. Kutsenko // Sinergiya Nauk [Synergy of Sciences]. — 2018. — 23. — P. 19–23. [in Russian]
7. Soloveva Ye.V Adaptatsiya stroitelnikh organizatsii Rossii dlya effektivnogo vnedreniya i primeneniya innovatsionnikh metodov Berezhlivogo stroitelstva [Adaptation of construction organizations in Russia for the effective implementation and application of innovative methods of Lean construction] / Ye.V Soloveva, A.G. Danielova // Vestnik Yevraziiskoi nauki [The Eurasian Scientific Journal]. — 2020. — 6. — P. 129–136. [in Russian]
8. Aslam M. Framework for selection of lean construction tools based on lean objectives and functionalities / M. Aslam, Z. Gao, G. Smith // International Journal of Construction Management. — 2020. — 22. — P. 87.
9. Sarhan J. Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry / J. Sarhan, B. Xia, S. Fawzia et al. // Construction Economics and Building. — 2017. — 17.
10. Gevara Rada L.T. Tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya (BIM) kak osnova berezhlivogo stroitelstva [Building Information Modelling (BIM) technology as a basis for lean construction] / L.T. Gevara Rada, V.I. Martyanov, Ye.A. Radionova et al. // Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost [Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate]. — 2022. — 1. — P. 12—19. [in Russian]