

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW PAPER

УДК 69.003.13

DOI: 10.22227/1997-0935.2025.9.1419-1430

Анализ технологий бережливого строительства в условиях цифровой трансформации отрасли

Татьяна Сергеевна Мещерякова¹, Виктор Владимирович Кутузов²

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия;

² Белорусско-Российский университет; г. Могилев, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Строительные компании во всем мире стремятся внедрять инструменты комплексной оптимизации своих бизнес-процессов, при этом перенимая принципы бережливого производства, развитие которых находит отражение в технологиях бережливого строительства. В рамках такого инструментария рассматриваются вопросы как организационного, так и технологического порядка, ориентированные на сокращение или локализацию потерь, улучшение координационного взаимодействия между субъектами строительного процесса, достигаемого в условиях цифровой среды.

Материалы и методы. Изучены научные статьи по тематике бережливого строительства российских и зарубежных ученых, отраженных в библиографическом каталоге научных работ OpenAlex и ResearchGate, использованы данные исторического кейса строительства четвертого энергоблока Калининской АЭС, а также проанализированы отдельные публичные документы органов власти Российской Федерации и Республики Беларусь. Применялись следующие научные методы исследования: исторический анализ; синтез; обобщение и формализация, позволившие сформировать комплекс инструментов и определить подходы к реализации технологий бережливого строительства.

Результаты. Разрешение противоречий и оптимизация процессов по предметной области исследования выстраиваются с учетом доступных технологий бережливого строительства, которые должны быть интегрированы в текущую деятельность организации при условии их доступности и экономической целесообразности. Рассмотрены современные организационные модели управления проектами, ориентированные на бережливое строительство: интегрированное управление проектами (IPD), контактирование по заказам (JOC), гибридные модели, интегрирующие приведенные модели; определены перспективы их развития.

Выводы. Внедрение технологий бережливого строительства и соответствующего инструментария в России на данный момент не стало массовой практикой, несмотря на значительный научно-практический интерес к данной теме среди крупных строительных организаций, дивизионов и инфраструктурных компаний. Полученные результаты исследования позволяют сформировать комплексный подход к управлению потерями и созданию ценности в рамках проектного подхода.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бережливое производство, бережливое строительство, цифровизация, цифровая трансформация, точно вовремя, поток создания ценности, интегрированное управление проектами, контактирование по заказам

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Мещерякова Т.С., Кутузов В.В. Анализ технологий бережливого строительства в условиях цифровой трансформации отрасли // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. Вып. 9. С. 1419–1430. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.9.1419-1430

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Сергеевна Мещерякова, meshcheryakovats@mgsu.ru.

Analysis of lean construction technologies in the context of digital transformation of the industry

Tatiana S. Meshcheryakova¹, Victor V. Kutuzov²

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation;

² Belarusian-Russian University; Mogilev, Republic of Belarus

ABSTRACT

Introduction. Construction companies around the world are striving to implement tools for the comprehensive optimization of their business processes, while adopting the principles of “lean production”, the development of which is reflected in “lean construction” technologies. Within the framework of such tools, issues of both organizational and technological nature are considered, aimed at reducing or localizing losses, improving coordination between subjects of the construction process, achieved in a digital environment.

Materials and methods. The paper analyzes scientific papers on the topic of lean construction by Russian and foreign scientists reflected in the bibliographic catalog of scientific publications reflected in OpenAlex and ResearchGate, uses

data from a historical case of the construction of the fourth power unit of the Kalinin NPP, and analyzes individual public documents of the authorities of the Russian Federation and the Republic of Belarus. In the course of completing the tasks, the following scientific research methods were used: historical analysis; synthesis; generalization and formalization, which made it possible to form a set of tools and determine approaches to the implementation of lean construction technologies.

Results. Resolving contradictions and optimizing processes in the subject area of the study is built taking into account the available lean construction technologies, which should be integrated into the current activities of the organization, subject to their availability and economic feasibility. "Integrated Project Management" (IPD), "Job Order Contracting" (JOC), hybrid models integrating the above models; and the prospects for their development are defined.

Conclusions. The implementation of lean construction technologies and related tools in Russia has not yet become a mass practice, despite significant scientific and practical interest in this topic among large construction organizations, divisions and infrastructure companies. The obtained research results allow us to formulate a comprehensive approach to managing losses and creating value within the framework of the project approach.

KEYWORDS: lean manufacturing, lean construction, digitalization, digital transformation, just-in-time, value stream, integrated project management, order contacting

FOR CITATION: Meshcheryakova T.S., Kutuzov V.V. Analysis of lean construction technologies in the context of digital transformation of the industry. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2025; 20(9):1419-1430. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.9.1419-1430 (rus.).

Corresponding author: Tatiana S. Meshcheryakova, meshcheryakovats@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Концепция бережливого производства в настоящее время характеризуется новым этапом развития, который выражен в создании прикладных отраслевых инструментов для сложных производственных и организационных цепочек создания ценности. Так, в строительной отрасли получает развитие «бережливое строительство», которое определено в Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года¹. Бережливое строительство или бережливое производство в строительстве ориентировано на оптимизацию производственных процессов и непрерывное их совершенствование [1, 2]. Хотя бережливое строительство, по сути, основано на классической теории бережливого производства, его применение потребовало значительной адаптации базовых инструментов к конкретной отрасли [3].

Объект исследования — строительные организации, ориентированные на принципы бережливого строительства.

Цель исследования — выявление технологий бережливого строительства, учитывающих современные тенденции цифровой трансформации отрасли.

Для достижения поставленной цели последовательно решены следующие задачи:

- представлена характеристика инструментов бережливого строительства и их сопоставление со стандартными технологиями бережливого производства;
- выявлены потери бизнес-диагностики строительной организации в условиях оптимизации про-

изводственных процессов, внедрения, поддержки и развития инструментов бережливого строительства;

- разработана карта выбора цифровых инструментов бережливого строительства;
- охарактеризованы организационные модели управления строительными проектами по принципам бережливого строительства.

Согласно научным воззрениям, бережливое производство было внедрено в строительной отрасли для улучшения рабочих процессов, обеспечения таких продуктов отрасли, которые удовлетворяют требованиям заказчиков и современным условиям развития экономики с учетом возможной минимизации отходов хозяйственной деятельности [1–4]. При этом в основе бережливого производства в строительстве лежит классическая теория бережливого производства концерна Тойота, применение которой в строительстве потребовало значительных адаптаций в виду уникальности объектов строительства, что привело к разработке специальных инструментов [1, 3].

Основные вехи развития бережливого производства в строительстве можно разделить на последовательные этапы перехода теории и философии бережливого строительства к активному практическому развитию и систематизации принципов и технологий, включая цифровые, которые ориентированы на снижение потерь (рис. 1). Впервые в научно-практической литературе термин «бережливое строительство» используется в техническом отчете международного профессионального сообщества исследователей и представителей строительной отрасли «Центр комплексного проектирования объектов» (CIFE) Л. Коскела в 1992 г. [5]. Основоположник концепции утверждал, что несоответствие реальной модели концептуальному прототипу свидетельствует о низком уровне надежности строительного проекта. Максимальное приближение к идеальной производственной системе, воплощен-

¹ О Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р (в ред. от 21.10.2024). URL: <https://docs.cntd.ru/document/352185341>

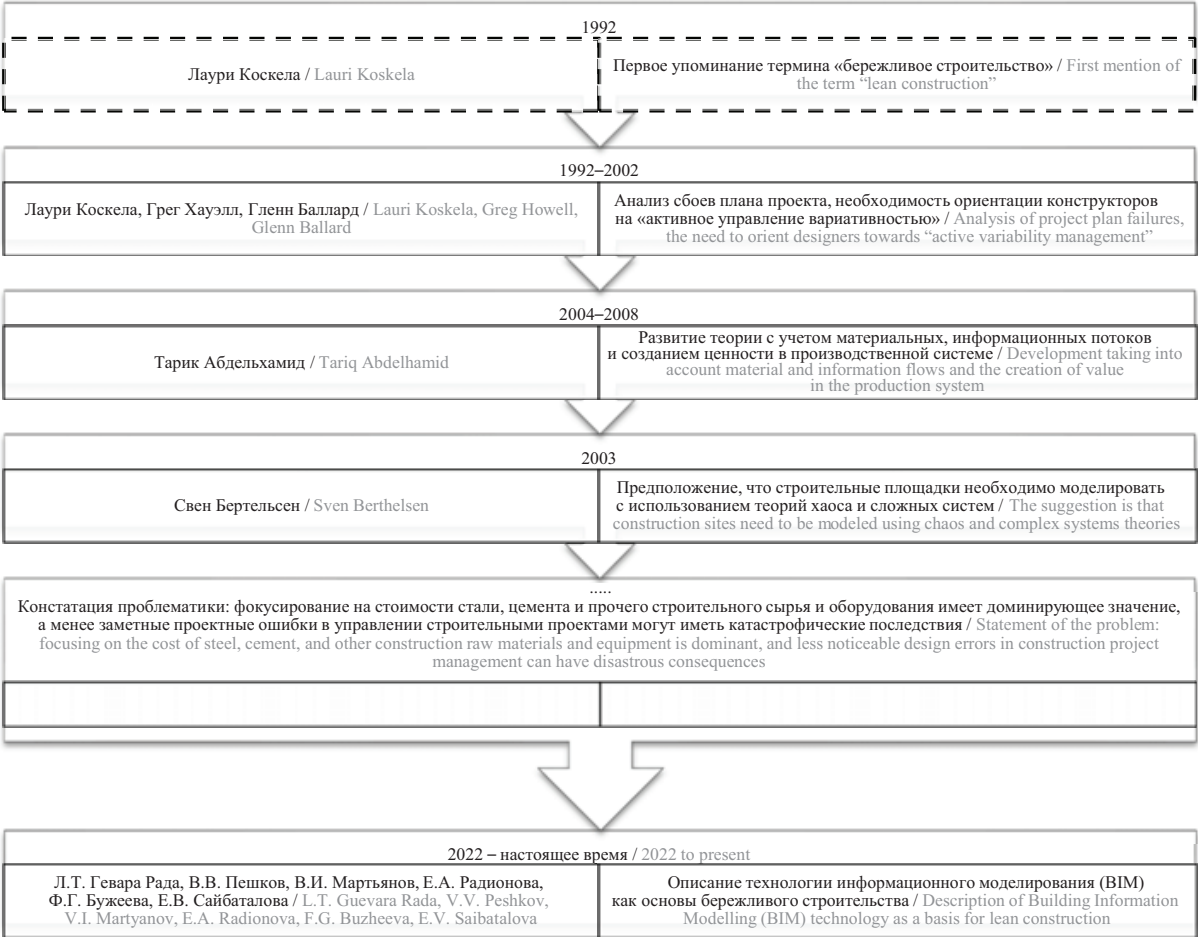


Рис. 1. Этапы развития теории «бережливое строительство» (составлено авторами на основе обобщения и систематизации научных и учебных публикаций)

Fig. 1. Stages of development of the theory of “lean construction” (compiled by the authors based on the generalization and systematization of scientific and educational publications)

ной в теории бережливого производства, позволяет разработать всеобъемлющую парадигму управления строительными процессами через следующую триаду: «преобразование» — преобразование входных данных в выходные; «вытягивание» — организация совместного планирования работ с ответственными за них подрядчиками, ориентированное на выполнение операций по запросу (потребности) последующей стадии; «создание ценности» — организация процессов в строительном проекте, которые ориентированы на максимизацию ценности объекта строительства для заказчика с учетом снижения перерасходов строительных материалов, энергетических, человеческих и временных ресурсов [5].

Л. Коскела и Г. Хауэлл в 2002 г. представили обзор проектных парадигм планирования, реализации и контроля в производственных системах. Исследуя строительные площадки и их окружение как сложные и хаотичные системы ресурсных потоков, С. Бертельсен в 2003 г. предлагает их моделировать на основе теории хаоса и сложных систем. Также ученый рассматривает строительную площадку в следующих плоскостях: как основанный на про-

екте производственный процесс; как отрасль, включающую самостоятельных агентов — независимых юридических лиц, участвующих в реализации проектов; как социальную систему, определяемую через участников строительного процесса, их трудовые и экономические взаимоотношения.

С. Баллард и Г. Хауэлл на основе анализа реальных практик отмечают, что «около 50 % задач, указанных в еженедельных планах работ, выполняются к концу недели», а устранить проблемы возможно при фокусировке на процессах управления неопределенностью, включая структурирование проекта (в современном понимании это предложение отражается в структурной декомпозиции работ — WBS). Т. Абдельхамид констатирует, что стандартный инструментарий (метод критического пути, управление освоенным объемом работ и прочее) не обеспечивает в необходимой мере высокую вероятность достижения результатов в запланированные сроки [6].

Современные условия и отраслевая специфика определили потребность в разработке специальных технологий бережливого строительства [7–16]. Теория бережливого строительства получает активное

развитие не только с учетом анализа и постоянного совершенствования подходов к управлению материалами, оборудованием и другими видами ресурсов, но в условиях организационной оптимизации производственных процессов по современным моделям проектного управления.

Также в рамках адаптации исследуемой теории и практических технологий выделяется специальный подход, определяемый как «бережливый дизайн» (бережливое проектирование), направленный на устранение потерь и действий, не добавляющих ценности, в процессах проектирования (например, неоправданная детализация спецификаций или временные затраты на выявление информации, не требующейся для следующего этапа работ) [7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрены базовые инструменты бережливого строительства, предлагаемые в научных изданиях, использованы публичные данные применения технологий бережливости в крупных строительных проектах.

Первым крупным проектом, где нашли комплексное применение технологии бережливого строительства, является четвертый энергоблок Калининской АЭС (КАЭС), реализуемый в 2007–2011 гг. (рис. 2). Отдельные характеристики и аспекты реализации проекта опубликованы в докладах конференции «Атомэкспо», содержатся в научных статьях, диссертациях, монографических и профессиональных изданиях [17–19].

Снижение потерь (муда/muda) данного проекта достигнуто за счет: оптимизации логистики по технологии JIT (Just-in-Time — точно в срок); применения технологий информационного моделирования (ТИМ) на этапе проектирования; «вытягивающего планирования», опирающегося на планирование с конца, где учитывались интересы стейкхолдеров, включая подрядчиков; визуализации процессов через дашборды и KPI; стандартизации процессов через унификацию и тиражирование типовых решений.

Исходными данными, подтверждающими масштабы применения технологий бережливого произ-

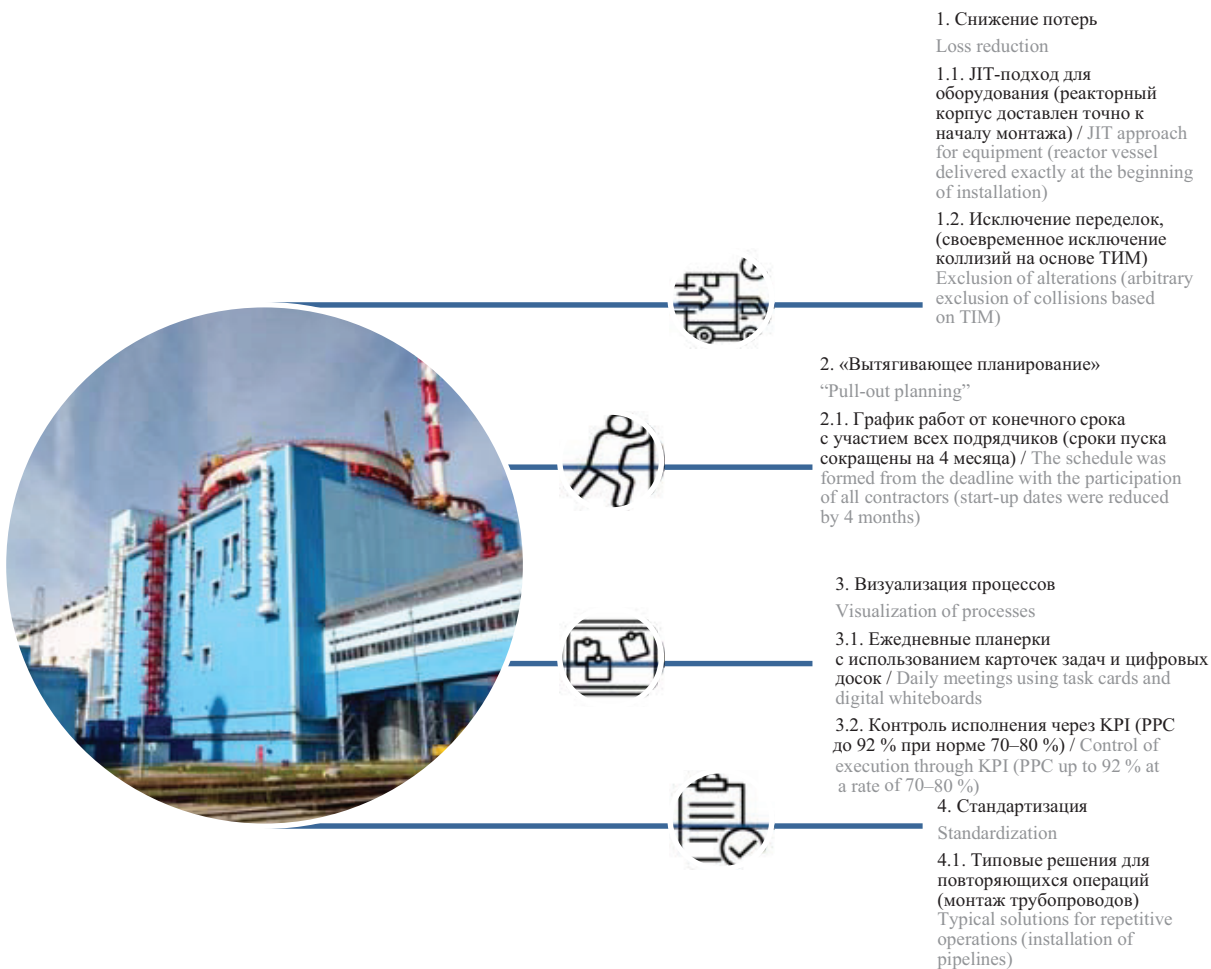


Рис. 2. Особенности бережливого строительства на объекте четвертого энергоблока КАЭС (Росатом) (составлено авторами на основе обобщения и систематизации публичных источников)

Fig. 2. Features of lean construction at the facility of the fourth power unit of the Nuclear Power Plant (Rosatom) (compiled by the authors based on the generalization and systematization of public data)

водства, служат отчетные документы Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, которые демонстрируют развернутую стандартизированную базу инструментов бережливого строительства и этапы бизнес-диагностики строительных организаций, не учитывающие национальные особенности и имеющие полную совместимость с подходами российских субъектов строительного рынка². Эти сведения имеют особую значимость с учетом перспектив реализации совместных российско-белорусских проектов, включая строительство АЭС в Беларуси на площадке Могилевской области.

Использован метод эмпирического уровня — сравнение. Этот метод применяется для сопоставления технологий бережливого производства

² Особенности методологии применения элементов «бережливого производства» применительно к строительной отрасли: бизнес-диагностика организации и ключевые инструменты внедрения отдельных элементов концепции «бережливого производства» в организациях Минстройархитектуры. Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. URL: <https://budexport.by/wp-content/uploads/2025/02/Бережливое-производство-в-строительной-отрасли.pdf>

и бережливого строительства с учетом современных возможностей строительной отрасли, а также при сравнении моделей IPD и JOC, что обеспечивает сопоставление их характеристик и определение прикладных направлений развития. К методам экспериментально-теоретического уровня, используемым в работе и выявляющим основу научной проблематики, относятся: исторический анализ в аспекте генезиса развития теории бережливого строительства; синтез определяющей закономерности по предметной теме исследования. Методами теоретического уровня, обеспечивающими логику исследования, являются обобщение и формализация, позволившие сформировать систематизированные инструменты, модели, подход к реализации технологии бережливого строительства на основе шаблона карты инструментов бережливого строительства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всеобъемлющим постулатом в практике управления строительными проектами считается, что в случае, если технология, инструмент, метод или техника позволяют обеспечить принципы бережливого строительства, то они могут входить в состав технологии бережливого строительства [7–12]. В рамках обзора на-

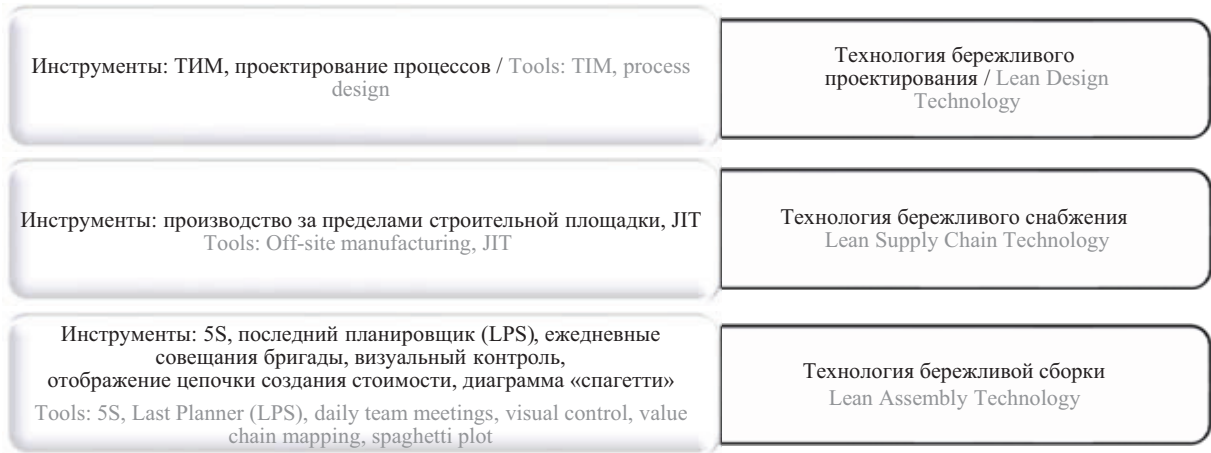


Рис. 3. Инструменты бережливого строительства (составлено авторами)

Fig. 3. Lean Construction Tools (compiled by the authors)

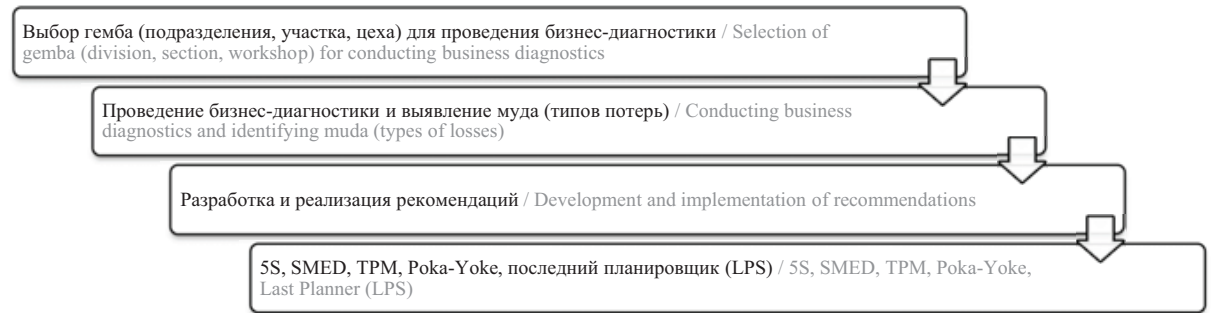


Рис. 4. Этапы бизнес-диагностики (составлено по данным ОАО «НИИ Стroyэкономика»)²

Fig. 4. Stages of business diagnostics (compiled based on data from JSC “Research Institute of Stroyeconomy”)²

Шаблон карты инструментов бережливого строительства (составлено авторами)
Lean Construction Tool Map Template (compiled by the authors)

	Гемба по основным процессам / Gemba by main processes	Инструменты Tools	Технологии, доступное ПО (вендер-лист) Technologies, available software (vendor list)	Капитальные + текущие затраты, руб. Capex + opex, rub
Предпроектная подготовка / Pre-project preparation				
Доступные инструменты: 5S, SMED, TPM, Poka-Yoke, LPS / Available tools: 5S, SMED, TPM, Poka-Yoke, LPS				
Анализ рынка / Market analysis	–	–	–	–
Выбор земельного участка / Choosing a land plot	–	–	–	–
Получение разрешительной документации Obtaining permits	–	–	–	–
Разработка концепции проекта / Development of the project concept	XXX	Poka-Yoke	Шаблон брифа, чек-лист сверки данных (геология, этажность) / Brief template, data verification checklist (geology, number of floors)	XXX
Проектирование / Designing				
Инструменты: Poka-Yoke, LPS / Available tools: Poka-Yoke, LPS				
Разработка проектной документации Development of project documentation	XXX	Poka-Yoke	ПО для автоматизации проверки нормативов (ТИМ, скрипты для сверки с ГОСТ) / Software for automating the verification of standards (TIM, scripts for verification with GOST)	XXX
Прохождение экспертиз / Passing examinations	–	–	–	–
Согласование с заказчиком и корректировки Coordination with the customer and adjustments	–	–	–	–
Подготовка к строительству / Preparation for construction				
Доступные инструменты: 5S, SMED, TPM, Poka-Yoke, LPS / Available tools: 5S, SMED, TPM, Poka-Yoke, LPS				
Выбор подрядчиков и поставщиков Coordination with the customer and adjustmentsselection of contractors and suppliers	–	–	–	–
Организация стройплощадки / Organization of the construction site	XXX	5S	Маркировка зон хранения материалов Marking of material storage areas	XXX
Получение разрешения на строительные работы Obtaining a construction permit	–	–	–	–

Окончание табл. / End of the Table

	Гемба по основным процессам / Gemba by main processes	Инструменты Tools	Технологии, доступное ПО (вендер-лист) Technologies, available software (vendor list)	Капитальные + текущие затраты, руб. Capex + opex, rub
Строительно-монтажные работы / Construction and installation works Доступные инструменты: 5S, SMED, TPM, Poka-Yoke, LPS / Available tools: 5S, SMED, TPM, Poka-Yoke, LPS				
...	XXX	5S	Визуальная и картографическая организация порядка на стройплощадке. Системы видеонаблюдения / Visual and cartographic organization of order on the construction site. Video surveillance systems	XXX
		SMED	Перенастройка кранов, опалубочных систем; стандартизация процедур переключения между задачами Reconfiguration of cranes, formwork systems; standardization of procedures for switching between tasks	
		TPM	Эксплуатация техники и регулярная диагностика/профилактика поломок Operation of equipment and regular diagnostics/prevention of breakdowns	
		Poka-Yoke	Контроль качества работ и технической оснащенности, в том числе сетей / Quality control of work and technical equipment, including networks	
		LPS	Регулярные встречи с бригадами (минимальный разрыв в неделю), учет фактических данных в плане производства работ / Regular meetings with teams (minimum gap per week), consideration of actual data in the work plan	
Завершение работ, сдача объекта / Completion of works, delivery of the facility Доступные инструменты: 5S, LPS / Available tools: 5S, LPS				
...	XXX	...	...	XXX

учных работ и лучших практик определены базовые инструменты бережливого строительства (рис. 3).

Выбор и применение инструментов бережливого строительства в деятельности строительной организации или в рамках отдельного проекта должны происходить с учетом выявленных или вероятных системных потерь (муда/мури/мура) и определения мест потерь (гемба). Научно-исследовательский центр по экономике и праву в строительстве Республики Беларусь ОАО «НИИ Стройэкономика» предлагает единый подход к разворачиванию инструментов и следующие стандартные этапы предиктивной бизнес-диагностики (рис. 4).

Таким образом, проводится систематизация и управление потерями по выбранным объектам бизнес-диагностики — структурным подразделениям, отдельным участкам или цехам. Последовательная реализация каждого из этапов позволяет осуществить выбор инструментов бережливого строительства, способных минимизировать или устранить потери. При этом в рекомендациях не учитываются возможности организации для эффективного разворачивания необходимых инструментов.

Для разрешения данного противоречия и определения оптимального состава портфеля инструментов бережливого строительства предлагается формировать декомпозицию мест потерь по этапам реализации проекта (табл.).

В случае отсутствия функциональной бизнес-модели проекта следует составить краткое описание ключевых бизнес-процессов проекта по этапам его реализации, а также распределить инструменты бережливого строительства. Портфель технологий и программного обеспечения, предварительно приоритизированный по матрице Эйзенхауэра (срочно-важно), необходимо калькулировать и включить в финансовую модель проекта. При сквозном внедрении технологий бережливого строительства в деятельность организации подобная матрица может быть составлена аналогичным образом по функциональным блокам.

Для приведенных случаев (внедрение бережливого строительства в отдельный проект или в деятельность организации в целом) также назначаются ответственные за ошибки по модели WBS и строится матрица распределения ответственности.

Модель IPD (цель — оптимизация сложных проектов) / IPD model (the goal is to optimize complex projects)

Состав участников: архитекторы, подрядчики, заказчик / Participants: architects, contractors, customer

Сроки: средние/долгосрочные (более 1 года) / Terms: medium/long-term (more than 1 year)

Технологии: ТИМ, цифровые двойники / Technologies: TIM, digital doppelgangers

Объекты: больницы, аэропорты, пилотные проекты в госкорпорациях (Росатом, РЖД) / Facilities: hospitals, airports, pilot projects in state corporations (Rosatom, Russian Railways)

Особенности / Features:

- раннее вовлечение всех сторон (на стадии проектирования) / early involvement of all parties (at the design stage);
- общие риски и вознаграждения (финансовая прозрачность) / general risks and rewards (financial transparency);
- фокус на ценности для заказчика, а не на минимизации затрат / focus on customer value rather than cost minimization

Модель JOC (цель — стандартизация мелких заказов) / The JOC model (the goal is to standardize small orders)

Состав участников: заказчик, подрядчик / Participants: customer, contractor

Сроки: краткосрочные (недели – месяцы) / Terms: short-term (weeks – months)

Технологии: базы данных расценок / Technologies: pricing databases

Объекты: ремонты социальных объектов, укладка дорог / Objects: repairs of social facilities, laying of roads

Особенности / Features:

- каталог заранее согласованных работ и цен: ФЕР/ГЭСН, ТСН-2001 для Москвы и региональные расценки, коммерческие базы «Гранд-Смета», «РИК» / Catalog of pre-agreed works and prices: FER/GESN, TSN-2001 for Moscow and regional prices, commercial bases “Grand-Estimate”, “RICK”;
- упрощенный процесс заказа, ориентация на скорость (без тендеров, в короткие сроки) / Simplified ordering process, focusing on speed (without tenders, in a short time);
- ориентирован на повторяющиеся задачи (ремонт, модернизация) / It is focused on repetitive tasks (repairs, upgrades)

Гибридные модели / Hybrid models

IPD для проектирования + JOC для эксплуатации / IPD for design + JOC for operation

Объекты: госзаказы, инфраструктурные объекты / Facilities: government orders, infrastructure facilities

Рис. 5. Организационные модели управления строительными проектами по принципам бережливого строительства (составлено авторами на основе обобщения и систематизации публичных источников) [3, 15]

Fig. 5. Organizational models for managing construction projects based on lean construction principles (compiled by the authors based on the generalization and systematization of scientific and educational publications) [3, 15]

Результатом применения инструментов бережливого строительства является минимизация простоев, т.е. непрерывность работы сотрудников, сокращение запасов и снижение различных видов потерь.

Помимо технологий и соответствующего технического инструментария, в настоящее время получают развитие организационные модели управления проектами, ориентированные на бережливое строительство: интегрированное управление проектами (IPD) и контактирование по заказам (JOC), объединяющие элементы планирования, закупки и другие функциональные направления при реализации строительных проектов (рис. 5).

В модели IPD опираются на раннее привлечение подрядчиков и поставщиков для учета стейкхолдерского подхода при принятии решений, что соответствует трендам развития современного бережливого строительства [3, 15]. В модели JOC ключевой особенностью и целью ее применения является стандартизация работ [15]. Помимо приведенных моделей перспективным направлением развития проектного управления служит применение гибридных моделей, совмещающих IPD и JOC. Такие модели могут быть в последовательной, параллельной или многоуровневой интеграции. В качестве одного из перспективных направлений реализации гибридной модели могут стать проекты строительства высокотехнологичных центров, университетские городки или кампусы мирового уровня на базе федеральных университетов, где проектную часть целесообразно реализовывать по IPD-модели с привлечением ученых, а эксплуатационную часть проекта — по JOC-модели, обеспечивающей стандартизацию работ и прогнозируемость финансовой модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бережливое производство получило новый этап развития в самых различных отраслях, включая строительство, где развивается отдельная философия бережливого строительства, которая расширяется по прикладным инструментам, приведенным в исследовании: 5S, SMED, TPM, Poka-Yoke, LPS [6–20]. Рассмотренные инструменты могут успешно применяться с учетом доступного программного обеспечения. Для организации рабочего пространства (5S) предлагаются: 1С:Документооборот, кайдзен-платформа. С целью быстрой переналадки (SMED) целесообразно использовать: для учета и анализа простоев 1С:ERP, для моделирования процессов переналадки оборудования «ТехноКад» или проводить видеохронометраж с ручным анализом. Программы, обеспечивающие всеобщий уход за оборудованием (TPM), рассматриваются в зависимости от условий объекта анализа и типа бригад. Так, например, для стационарных бригад используют «1С:Управление производственным предприятием», а при наличии датчиков — «КИП Сервис». Инструментами защиты

от ошибок (Poka-Yoke) в первую очередь являются: ТИМ (Renga, nanoCAD), система управления инженерными данными «ЛОЦМАН:PLM», система диспетчерского контроля данными (SCADA-системы). Последний планировщик (LPS) реализуется через программы: «1С:Управление строительной компанией» при учете ресурсов в календарном планировании; «Битрикс24» при составлении задач и чек-листов и т.п. Выбор инструментов бережливого строительства следует осуществлять в самом начале реализации проекта, предварительно рассматривая возможные места потерь (гемба), учитывая опыт организации и вероятные виды потерь (муда), для чего составлен шаблон карты инструментов бережливого строительства.

Преобладающее число объектов строительства имеют уникальные признаки и не соответствуют базовому подходу к процессу как к конвейерному производству. В виду чего имеются отличия бережливого строительства от бережливого производства. Основное направление развития инструментов в бережливом строительстве в первую очередь связано с координацией участников и стейкхолдеров строительного проекта, в отличие от традиционного бережливого производства, ориентированного исключительно на выявление потерь в цепочке создания ценности.

В рамках анализа научных публикаций и отчетных документов публичных российских организаций, а также сведений научно-исследовательского центра по экономике и праву в строительстве Республики Беларусь ОАО «НИИ Стройэкономика» выявлены универсальные этапы бизнес-диагностики строительных организаций, необходимые для отбора инструментов бережливого строительства. В приведенных этапах отсутствуют требуемые для любой коммерческой организации технические и экономические ограничения, в связи с чем предлагается к разработке уникальная для каждой организации и отдельного проекта карта инструментов бережливого строительства, которая предполагает верификацию по текущим основным, поддерживающим и вспомогательным бизнес-процессам. При условии значительной цифровой трансформации всей строительной организации подобная схема является информационной основой для разработки функциональной бизнес-модели.

Относительно модели организации управления строительным проектом в контексте бережливого строительства рассмотрены IPD-модели с ориентацией на стейкхолдеров, JOC-модели с ориентацией на стандартизацию процессов и гибридные модели с различными вариантами интеграции IPD и JOC-моделей.

Перспективное направление исследования — верификация технологий и доступного ПО, соответствующего принципам бережливого производства и бережливого строительства для различных участников отрасли и строительного процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Freire J., Alarcón L.F. Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology // Journal of Construction Engineering and Management. 2002. Vol. 128. Issue 3. Pp. 248–256. DOI: 10.1061/(asce)0733-9364-(2002)128:3(248)
2. O'Brien W.J., Fischer M.A., Akinici B.H. Importance of Site Conditions and Capacity Allocation for Construction Cost and Performance: A Case Study // Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 1997.
3. Bertelsen S. Lean Construction: Where Are We and How to Proceed? // Lean Construction Journal. 2004. Pp. 46–69. DOI: 10.60164/55h8g4h8c
4. Mossman A. What Is Lean Construction: Another Look – 2018 // Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 2018. DOI: 10.24928/2018/0309
5. Koskela L.J. Application of the New Production Philosophy to Construction. 1992.
6. Mitera-Kielbasa E., Zima K. Optimising Construction Efficiency: A Comprehensive Survey-Based Approach to Waste Identification and Recommendations with BIM and Lean Construction // Sustainability. 2025. Vol. 17. Issue 9. P. 4027. DOI: 10.3390/su17094027
7. Luna A., Herrera R.F., Castañeda K., Atencio E., Biotto C. Benefits and Limitations of Lean Tools in the Building Design Process: A Functional and Comparative Analysis // Applied Sciences. 2025. Vol. 15. Issue 9. P. 5137. DOI: 10.3390/app15095137
8. Zhang T. Research on Optimization of Construction Management Process of Construction Project // Highlights in Science, Engineering and Technology. 2025. Vol. 137. Pp. 51–57. DOI: 10.54097/tqrnw06
9. Karaz M., Teixeira J.M.C., Amaral T.G. Mitigating Making-Do Practices Using the Last Planner System and BIM: A System Dynamic Analysis // Buildings. 2024. Vol. 14. Issue 8. P. 2314. DOI: 10.3390/buildings14082314
10. Likita A.J., Jelodar M.B., Vishnupriya V., Rotimi J.O.B. A guideline for BIM and lean integrated construction practice // Smart and Sustainable Built Environment. 2025. Vol. 14. Issue 4. Pp. 1264–1291. DOI: 10.1108/SASBE-03-2024-0098
11. Simukonda W., Emuze F. A Perception Survey of Lean Management Practices for Safer Off-Site Construction // Buildings. 2024. Vol. 14. Issue 9. P. 2860. DOI: 10.3390/buildings14092860
12. Li Z., Mok Paik S. Resource cost optimization strategies in off-site manufacturing for modern construction methods: a lean theory perspective case study in Ireland // International Journal of Construction Management. 2025. Pp. 1–9. DOI: 10.1080/15623599.2025.2490169
13. Luo L., Ding Z., Niu J., Zhang L., Liao L. A Digital Project Management Framework for Transnational Prefabricated Housing Projects // Buildings. 2024. Vol. 14. Issue 9. P. 2915. DOI: 10.3390/buildings14092915
14. Sihombing L. Integrated Project Delivery berdasarkan Building Information Modeling (BIM) // Program Profesi Arsitek melalui kegiatan Kuliah Bersama matakuliah Integrated Project Delivery. 2025.
15. Patrucco A.S., Dimand A.M. Job Order Contracting (JOC) as an Alternative Project Delivery Method: Challenges and Opportunities. 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.32755.66084
16. Соловьева Е.В., Даниелова А.Г. Адаптация строительных организаций России для эффективного внедрения и применения инновационных методов бережливого строительства // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 6. С. 31. EDN YNEHJN.
17. Шведов В.В. Использование концепции «бережливое строительство» в управлении строительными компаниями // Заметки ученого. 2021. № 3–1. С. 464–471. EDN QJNOZR.
18. Сайфуллина Ф.М., Вирцев М.Ю., Мамедова Л.Б.К., Салахов Р.Л. Бережливое строительство как инструмент стимулирования инновационной активности // Региональные проблемы преобразования экономики. 2023. № 3 (149). С. 126–133. DOI: 10.26726/1812-7096-2023-3-126-133. EDN WMPINZ.
19. Warid O., Hamani K. Lean Construction in the UAE: Implementation of Last Planner System® // Lean Construction Journal. 2023. Pp. 1–20. DOI: 10.60164/96f4a5e0g
20. Ghanem M., Hamzeh F., Seppänen O., Shehab L., Zankoul E. Pull planning versus push planning: Investigating impacts on crew performance from a location-based perspective // Frontiers in Built Environment. 2022. Vol. 8. DOI: 10.3389/fbuil.2022.980023

Поступила в редакцию 16 мая 2025 г.

Принята в доработанном виде 14 июля 2025 г.

Одобрена для публикации 14 июля 2025 г.

ОБ АВТОРАХ: Татьяна Сергеевна Мещерякова — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и инноваций; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; MeshcheryakovaTS@mgstu.ru;

Виктор Владимирович Кутузов — заведующий кафедрой программного обеспечения информационных технологий; **Белорусско-Российский университет**; Республика Беларусь, 212000, г. Могилев, пр-т Мира, д. 43; kutuzov.bru@yandex.ru.

Вклад авторов:

Мещерякова Т.С. — концепция исследования, сбор и обработка материала, написание исходного текста.

Кутузов В.В. — научное редактирование текста, сбор материала, доработка текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Freire J., Alarcón L.F. Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2002; 128(3):248-256. DOI: 10.1061/(asce)0733-9364(2002)128:3(248)
2. O'Brien W.J., Fischer M.A., Akinci B.H. Importance of Site Conditions and Capacity Allocation for Construction Cost and Performance: A Case Study. *Proceedings of the 5th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 1997.
3. Bertelsen S. Lean Construction: Where Are We and How to Proceed? *Lean Construction Journal*. 2004; 46-69. DOI: 10.60164/55h8g4h8c
4. Mossman A. What Is Lean Construction: Another Look – 2018. *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. 2018. DOI: 10.24928/2018/0309
5. Koskela L.J. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. 1992.
6. Mitera-Kielbasa E., Zima K. Optimising Construction Efficiency: A Comprehensive Survey-Based Approach to Waste Identification and Recommendations with BIM and Lean Construction. *Sustainability*. 2025; 17(9):4027. DOI: 10.3390/su17094027
7. Luna A., Herrera R.F., Castañeda K., Atencio E., Biotto C. Benefits and Limitations of Lean Tools in the Building Design Process: A Functional and Comparative Analysis. *Applied Sciences*. 2025; 15(9):5137. DOI: 10.3390/app15095137
8. Zhang T. Research on Optimization of Construction Management Process of Construction Project. *Highlights in Science, Engineering and Technology*. 2025; 137:51-57. DOI: 10.54097/tqmww06
9. Karaz M., Teixeira J.M.C., Amaral T.G. Mitigating Making-Do Practices Using the Last Planner System and BIM: A System Dynamic Analysis. *Buildings*. 2024; 14(8):2314. DOI: 10.3390/buildings14082314
10. Likita A.J., Jelodar M.B., Vishnupriya V., Rotimi J.O.B. A guideline for BIM and lean integrated construction practice. *Smart and Sustainable Built Environment*. 2025; 14(4):1264-1291. DOI: 10.1108/SASBE-03-2024-0098
11. Simukonda W., Emuze F. A Perception Survey of Lean Management Practices for Safer Off-Site Construction. *Buildings*. 2024; 14(9):2860. DOI: 10.3390/buildings14092860
12. Li Z., Mok Paik S. Resource cost optimization strategies in off-site manufacturing for modern construction methods: a lean theory perspective case study in Ireland. *International Journal of Construction Management*. 2025; 1-9. DOI: 10.1080/15623599.2025.2490169
13. Luo L., Ding Z., Niu J., Zhang L., Liao L. A Digital Project Management Framework for Transnational Prefabricated Housing Projects. *Buildings*. 2024; 14(9):2915. DOI: 10.3390/buildings14092915
14. Sihombing L. Integrated Project Delivery berdasarkan Building Information Modeling (BIM). *Program Profesi Arsitek melalui kegiatan Kuliah Bersama matakuliah Integrated Project Delivery*. 2025.
15. Patrucco A.S., Dimand A.M. *Job Order Contracting (JOC) as an Alternative Project Delivery Method: Challenges and Opportunities*. 2021. DOI: 10.13140/RG.2.2.32755.66084
16. Solovieva E.V., Danyelova A.G. Adaptation of construction organizations in Russia for the effective implementation and application of innovative methods of lean construction. *The Eurasian Scientific Journal*. 2020; 12(6):31. EDN YNEHJN. (rus.).
17. Shvedov V.V. Using the concept of “lean construction” in the management of construction companies. *Notes of a Scientist*. 2021; 3-1:464-471. EDN QJNOZR. (rus.).
18. Sayfullina F.M., Virtsev M.Yu., Mammadova L.B.K., Salakhov R.L. Lean construction as a tool to stimulate innovation activity. *Regional Problems of Economic Transformation*. 2023; 3(149):126-133. DOI: 10.26726/1812-7096-2023-3-126-133. EDN WMPINZ. (rus.).
19. Warid O., Hamani K. Lean Construction in the UAE: Implementation of Last Planner System®. *Lean Construction Journal*. 2023; 1-20. DOI: 10.60164/96f4a5e0g
20. Ghanem M., Hamzeh F., Seppänen O., Shehab L., Zankoul E. Pull planning versus push planning: Investigating impacts on crew performance from a location-based perspective. *Frontiers in Built Environment*. 2022; 8. DOI: 10.3389/fbuil.2022.980023

Received May 16, 2025.

Adopted in revised form on July 14, 2025.

Approved for publication on July 14, 2025.

B I O N O T E S: **Tatiana S. Meshcheryakova** — Candidate of Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management and Innovation; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; MeshcheryakovaTS@mgsu.ru;

Victor V. Kutuzov — Head of the Department of Software for Information Technologies; **Belarusian-Russian University**; 43 Mira ave., Mogilev, 212000, Republic of Belarus; kutuzov.bru@yandex.ru.

Contribution of the authors:

Tatiana S. Meshcheryakova — research concept, collection of material, processing of material, writing of the original text.

Victor V. Kutuzov — scientific editing of the text, collection of material, revision of the text.

The authors declare no conflict of interest.